

ЭФИР И МАТЕРИЯ

Ф. Ленард
Нобелевский лауреат 1905 года
Эфир и материя

Дж. Дж. Томсон
Нобелевский лауреат 1906 года
Взаимоотношение между материей и эфиром по новейшим исследованиям в области электричества

Л. Саутсернс
Определение отношения массы к весу в случае радиоактивного вещества

Н. Кемпбелл
Эфир

М. Планк
Нобелевский лауреат 1918 года
Положение новейшей физики по отношению к механическому мировоззрению

Платон мне друг, но истина дороже
Аристотель





Ф. Ленард
Дж. Дж. Томсон
Л. Саутсернс
Н. Кемпбелл
М. Планк

ЭФИР И МАТЕРИЯ

Под редакцией
заслуженного профессора
И. И. Боргмана

Издание третье, стереотипное

МОСКВА



URSS

ББК 22.3ф 22.3щ 87.1

Ленард П., Томсон Дж. Дж., Саутсернс Л., Кемпбелл Н., Планк М.

Эфир и материя. Изд. 3-е, стереотипное / Под ред. И. И. Боргмана. М.: КомКнига, 2007. — 160 с. (Relata Refero.)

Издание настоящего сборника было впервые предпринято по инициативе крупного русского ученого-физика И. И. Боргмана (1849–1914). В сборник вошли посвященные вопросам взаимоотношений материи и эфира работы таких выдающихся ученых, как Ф. Ленард, Дж. Дж. Томсон, Н. Кемпбелл, М. Планк, а также извлечение из статьи Л. Саутсернса.

По словам И. И. Боргмана, в науке существуют два прямо противоположных воззрения на эфир: одни ученые стремятся объяснить бо́льшую часть явлений особыми процессами в эфире, другие отрицают даже само существование эфира. В сборнике помещены статьи, соответствующие этим двум направлениям. Статья одного из величайших физиков XX века М. Планка содержит также анализ развития различных областей физической науки и обзор сделанных в ней открытий.

Книга будет интересна и полезна ученым — физикам, специалистам в областях философии, истории и методологии науки; студентам и аспирантам соответствующих специальностей, а также всем, кто интересуется проблемами физики и науки в целом.

Издательство «КомКнига». 117312, г. Москва, пр-т 60-летия Октября, 9.
Формат 60×90/16. Печ. л. 10. Зак. № 716.

Отпечатано в ООО «ЛЕНАНД». 117312, г. Москва, пр-т 60-летия Октября, д. 11А, стр. 11.

13-значный ISBN, вводимый с 2007 г.:
ISBN 978–5–484–00708–0
Соотв. 10-значный ISBN, применяемый до 2007 г.:
ISBN 5–484–00708–9





От издательства

Эта книга продолжает серию «Relata Refero» (дословный перевод — рассказываю рассказанное).

Под этим грифом издательство предоставляет трибуну авторам, чтобы высказать публично новые идеи в науке, обосновать новую точку зрения, донести до общества новую интерпретацию известных экспериментальных данных, etc.

В споре разных точек зрения только решение Великого судьи — Времени может стать решающим и окончательным. Сам же процесс поиска Истины хорошо характеризуется известным высказыванием Аристотеля, вынесенным на обложку настоящей серии: авторитет учителя не должен довлеть над учеником и препятствовать поиску новых путей.

Мы надеемся, что публикуемые в этой серии тексты внесут, несмотря на свое отклонение от установившихся канонов, свой вклад в познание Истины.

Эѳиръ и Матерія.

П. Ленарда.

(Докладъ, прочитанный въ засѣданіи Гейдельбергской Академіи Наукъ 4 іюня 1910 года).

Предварительное замѣчаніе.

Этотъ докладъ, прочитанный 4-го Іюня 1910 г. въ Гейдельбергской Академіи Наукъ и напечатанный въ академическомъ изданіи, скоро вышелъ изъ продажи. Съ тѣхъ поръ у меня явились нѣкоторыя новыя мысли по поводу разсматриваемаго вопроса, а поэтому я охотно пошелъ навстрѣчу желанію издательской фирмы выпустить новое изданіе.

Вновь прибавленныя части, соотвѣтствующія датѣ этого замѣчанія, отмѣчены маленькой звѣздочкой (каждый разъ до ближайшаго слѣдующаго абзаца). Но я ввелъ измѣненія и въ другомъ отношеніи. Многое теперь представлено подробнѣй и развито шире въ своихъ слѣдствіяхъ, чѣмъ въ первомъ изданіи, разсчитанномъ на величину доклада. Тотъ фактъ, что излагаемыя представленія допускаютъ подобное развитіе, говоритъ за ихъ годность, и мнѣ даже кажется возможнымъ и не мало обѣщающимъ изслѣдовать механику эѳира по предложенному здѣсь пути съ помощью формальнаго математическаго разсмотрѣнія. Однако, подобнаго разсмотрѣнія я здѣсь не привелъ; мнѣ казалось болѣе желательнымъ прежде всего, при помощи общаго изслѣдованія области извѣстнаго, найти основанія для возможностей, усматриваемыхъ при введеніи структуры эѳира, такъ какъ я не могъ бы положить въ основу непрерывный и движущійся, какъ цѣлое, эѳиръ.

При этомъ я пришелъ къ новому, какъ мнѣ кажется, представленію о пространственно не сплошнымъ образомъ, движущемся проницаемомъ эѳирѣ. Мои представленія произошли изъ необходимости имѣть простой

руководитель для пониманія явленій, который бы функціонировалъ быстро, безъ помощи обширныхъ математическихъ выкладокъ, охватывалъ бы правильно, безъ внутреннихъ противорѣчій, все извѣстное, согласовался бы съ наиболѣе общей точкой зрѣнія и, такимъ образомъ, заслуживалъ бы полнаго довѣрія. Но этого мало: онъ долженъ еще быть приспособленнымъ къ тому, чтобы охватить новыя явленія, не связанныя теперешними представленіями, напримѣръ, подобныя тѣмъ, какія мнѣ встрѣтились въ экспериментальныхъ работахъ Въ этомъ случаѣ была бы пріобрѣтена исходная точка для дальнѣйшихъ изслѣдованій и расширеніе знаній — лучшая цѣль всякой гипотезы—стало бы легче достижимымъ. Какъ окажется, я при этомъ не отказался отъ понятія массы. Это понятіе, такъ же какъ и понятіе силы, лежитъ не только въ основаніи всѣхъ нашихъ теперешнихъ динамическихъ разсмотрѣній. Внѣ насъ существуетъ право продолжать изслѣдованіе, развивая далѣе это понятіе. Понятіе о массѣ заимствовано только изъ наблюденія обычно происходящихъ явленій движенія матеріи; однако, мы увидимъ, что пространство, заполненное матеріей, состоитъ главнымъ образомъ изъ силовыхъ полей, подобныхъ тѣмъ, какія встрѣчаются въ свободномъ эѳирѣ; поэтому есть основаніе ожидать, что фундаментальныя представленія, принятыя для матеріи, останутся примѣнимыми также и для совокупности матеріи и эѳира. Исходную точку для предлагаемой картины ужъ нѣсколько лѣтъ тому назадъ мнѣ дало знаніе о существованіи элементарныхъ количествъ электричества вмѣстѣ съ изученіемъ гидродинамическихъ работъ Бьеркнеса. Что отсюда слѣдуетъ для эѳира, я старался связать съ представленіями о строеніи матеріи, составленными на основаніи изслѣдованій надъ поглощеніемъ катодныхъ лучей.

Гейдельбергъ. *П. Л.*
Февраль 1911.

Если при подобныхъ обстоятельствахъ естествоиспытатель долженъ сказать рѣчь, то, можетъ быть, ему будетъ всего умѣстнѣе изслѣдовать наиболѣе общій вопросъ, который ему могутъ предложить,—именно вопросъ: какъ, по его представленію, устроенъ міръ? Прежде чѣмъ говорить объ этомъ, онъ долженъ констатировать, что все высказанное имъ относится только къ той части міра, которая подчиняется количественному изслѣдованію съ помощью органовъ чувствъ. Именно въ количественномъ, въ возможности полученные результаты всегда численно сравнивать съ дѣйствительностью и, такимъ образомъ, испытывать ихъ правильность, и заключается то, что отличаетъ естествознаніе отъ наукъ о духѣ, занимающихся главнымъ образомъ изученіемъ другой части міра. Ту часть міра, которая доступна количественному изслѣдованію при помощи органовъ чувствъ, мы называемъ матеріальнымъ міромъ. Только о ней можетъ говорить естествоиспытатель, только ея образъ онъ себѣ составилъ. Образы естествоиспытателя, какъ это, вѣроятно, впервые ясно высказалъ Гертцъ, обладаютъ тѣмъ свойствомъ, что ихъ логически необходимыя слѣдствія представляютъ собой опять-таки картины дѣйствительно необходимыхъ слѣдствій изображаемыхъ предметовъ. Вслѣдствіе этого основного свойства своихъ представленій, естествоиспытатель можетъ предсказывать будущее. Въ количественномъ подтвержденіи этихъ предсказаній заключается съ одной стороны упо-

мянутое уже испытаніе правильности картины, а съ другой стороны—также и практическая цѣнность естествознанія. Эти образы, картины естествоиспытателя бываютъ двухъ родовъ. Количественны они всегда; но они могутъ, и это будутъ образы перваго рода, вполнѣ исчерпываться количественными соотношеніями между наблюдаемыми величинами. Въ этомъ случаѣ они могутъ быть выражены въ видѣ математическихъ формулъ, по большей части—дифференціальныхъ уравненій. Этотъ путь, который предпочли Кирхгофъ и Гельмгольтцъ, названъ Кирхгофомъ математическимъ описаніемъ природы. Примѣры этихъ образовъ: законъ тяготѣнія Ньютона и Максвелловы уравненія электродинамики. Логически необходимыя слѣдствія этихъ образовъ, въ развитіи которыхъ заключается пользованіе ими и испытаніе ихъ, представляютъ собой только математическія слѣдствія заданныхъ уравненій и ничего болѣе. Но мы можемъ пойти дальше и это дастъ намъ второй родъ образовъ, если мы станемъ исходить изъ одного убѣжденія, безъ котораго изслѣдованіе природы конечно, никогда не имѣло бы успѣха.

Именно, мы будемъ исходить изъ убѣжденія, что всѣ явленія природы, по крайней мѣрѣ неодушевленной, представляютъ собой исключительно явленія движенія, т. е. заключаются въ перемѣнѣ мѣста разъ навсегда существующей матеріи. Тогда въ каждомъ случаѣ можно будетъ говорить о механизмѣ, и уравненія, которыя мы назвали образами перваго рода, должны будутъ быть уравненіями механики, а самый механизмъ мы можемъ назвать составленнымъ нами образомъ явленій природы. Мы получимъ, такимъ образомъ, механическія модели, динамическія модели вещей, какъ образы послѣднихъ въ нашемъ умѣ.

Механическія модели и уравненія, т. е. оба рода образовъ, если только они правильны, вполнѣ эквива-

лентны другъ другу по своимъ результатамъ. Однако, модели имѣютъ одно большое преимущество предъ голыми уравненіями; это преимущество заключается не столько въ томъ, что механическія модели гораздо больше удовлетворяютъ насъ: вѣдь въ модели мы имѣемъ картину, много непосредственнѣе связанную съ изображаемымъ ею внѣшнимъ міромъ, чѣмъ дифференціальныя уравненія; но главнымъ образомъ это преимущество заключается въ томъ, что модели допускаютъ при ихъ разсмотрѣніи пользованіе не только чисто математическими соображеніями, но также геометрическими и динамическими представленіями, такъ какъ онѣ представляютъ собой механизмы, функціонирующіе въ трехмѣрномъ пространствѣ.

Это особенно важно въ томъ случаѣ, если мы оперируемъ не съ выработанными уже представленіями, чтобы при ихъ помощи сдѣлать несомнѣнно точныя предсказанія новыхъ явленій, но если дѣло идетъ о томъ, чтобы сдѣлать пробныя предсказанія, пользуясь гипотетическими представленіями, какъ это дѣлается при изслѣдованіи природы.

Такъ, напримѣръ, структурныя формулы химиковъ, именно съ тѣхъ поръ, какъ ихъ стали представлять въ пространствѣ, являются какъ разъ такими моделями молекулы, о которыхъ идетъ рѣчь. Какой успѣхъ имѣлъ бы химикъ, если бы онъ не могъ въ этой своей модели сдвигать геометрически атомы въ ту или другую сторону и такимъ образомъ ради пробы перегруппировывать ихъ въ своемъ воображеніи? Необходимо еще указать на то, что при составленіи образовъ перваго рода механическія модели всегда играютъ большую роль. Такъ, напримѣръ, Максвеллъ пришелъ къ своимъ знаменитымъ дифференціальнымъ уравненіямъ, исходя изъ придуманнаго имъ механизма эѳира. Но наилучшій образъ перваго рода, окончательно математически фор-

мулированный, удовлетворяетъ не надолго. Человѣкъ очевидно склоненъ искать въ образѣ болѣе глубокій смыслъ и ставить дальнѣйшіе вопросы о механизмѣ явленія. Такъ, Ньютонъ не былъ вполнѣ удовлетворенъ своимъ закономъ тяготѣнія, несмотря на его необыкновенную плодотворность. Ему казалось, что вопросъ о скрытомъ, но непремѣнно существующемъ механизмѣ, сближающемъ обѣ дѣйствующія другъ на друга по этому закону массы, стоитъ слѣдующимъ на очереди. Однако, этотъ вопросъ въ то время еще не могъ быть затронутъ; даже и теперь, какъ мы это еще увидимъ, лишь съ трудомъ можно къ нему подойти. Стремленіе помимо чисто математическаго описанія природы проникнуть въ ея механизмъ, составить динамическую модель, какъ представленіе о вещахъ, старо, какъ сама динамика, и, повидимому, глубоко коренится въ человѣкѣ. Въ послѣднее время лордъ Кельвинъ и Гертцъ особенно выдвинули это стремленіе на передній планъ.

Теперь вопросъ въ слѣдующемъ: удастся ли намъ на этомъ пути вѣрно изобразить дѣйствительность. Приспособленъ ли умъ человѣка вообще къ тому, чтобы представить себѣ такимъ образомъ всю—скажемъ лучше неодушевленную природу. Какъ разъ теперь появляется въ этомъ сильное сомнѣніе, и, можетъ быть, мнѣ удастся вамъ еще сегодня, кромѣ положительныхъ данныхъ, указать еще на кое-какія трудности, вызывающія эти сомнѣнія. Но при этомъ я попутно укажу также путь, могущій, по моему мнѣнію, вывести изъ этихъ трудностей. Если мы хотимъ итти дальше, то мы должны твердо помнить постулатъ, что нашъ умъ приспособленъ не только къ математическому описанію, но и къ пониманію природы. Послѣ того, какъ мы это сдѣлали, я могу изложить, каковы наши представленія о матеріальномъ мірѣ, а также, въ чемъ состоятъ ихъ теперешніе недостатки.

Все, что происходитъ въ этомъ мірѣ, заключается въ движеніи, перемѣнѣ мѣста разъ навсегда даннаго вещества.

Нигдѣ нѣтъ ни малѣйшихъ указаній на появленіе вновь или исчезаніе уже существующаго вещества.

Дальше рѣчь будетъ итти лишь о томъ, чтобы показать, какое бываетъ вещество, какъ оно распредѣлено въ пространствѣ и какого рода движенія свойственны ему, а поэтому мы прежде всего должны сдѣлать основное предположеніе: вещество, т. е. то, что обладаетъ способностью двигаться, изъ чего, по нашему мнѣнію, состоитъ весь міръ, бываетъ двухъ родовъ: матерія и эѳиръ.

Изъ матеріи состоятъ всѣ вокругъ насъ познаваемыя тѣла: твердыя, жидкія и газообразныя, наше собственное тѣло, словомъ, все, что построено круглымъ счетомъ изъ 100 элементовъ, т. е. различныхъ сортовъ химическихъ атомовъ. По нашему представленію, матерія имѣетъ, какъ всѣмъ хорошо извѣстно, зернистое строеніе. Зерна мы называемъ атомами, и, какъ сказано, существуетъ круглымъ счетомъ 100 различныхъ сортовъ такихъ атомовъ, неспособныхъ вообще говоря превращаться другъ въ друга. Если мы увеличимъ линейно размѣры нашей картины приблизительно въ 10 милліоновъ разъ, то эти зерна окажутся величиной съ горошину. Такія зерна обыкновенно соединяются въ группы по нѣскольку и эти группы, обладающія способностью къ самостоятельному передвиженію, мы называемъ молекулами. Такъ, напримѣръ, въ водяномъ парѣ два атома водорода прочно связываются съ однимъ атомомъ кислорода и образуютъ подвижную молекулу воды. Всѣ виды матеріи, которые мы видимъ вокругъ себя, представляютъ собой только скопленія подобныхъ молекулъ; этотъ образъ матеріи достигъ въ настоящее время необычайной тонкости. Онъ содержитъ множество

количественныхъ соотношеній, выдержавшихъ всѣ, уже ставшія безчисленными, провѣрки съ дѣйствительностью и сталъ для насъ надежнымъ руководствомъ при уясненіи совокупности явленій неодушевленной матеріи. Ни въ чемъ другомъ естествоиспытатель такъ не увѣренъ, какъ въ томъ, что съ этимъ представленіемъ о матеріи онъ находится на совершенно правильномъ пути.

Особенно замѣчательны очень большія молекулы. Въ молекулахъ пара воды мы имѣемъ только три атома. Но если молекулы образуются изъ десятковъ и сотенъ тысячъ атомовъ, что уже само по себѣ будетъ представляетъ маленькій очень сложный міръ, какъ, напримѣръ, въ молекулѣ протоплазмы, то онѣ могутъ оказаться обладающими тѣмъ, что мы называемъ духомъ.

Онѣ становятся тогда носительницами удивительныхъ явленій жизни, о которыхъ современный естествоиспытатель ничего намъ не можетъ сказать со всѣми своими образами, оказывающими ему столь большую помощь при объясненіи другихъ явленій. Одно только сравненіе онъ можетъ привести изъ понятнаго ему круга этихъ образовъ [1]—сравненіе, которое показываетъ, что измѣненіе въ величинѣ скопленія атомовъ дѣйствительно можетъ вызывать появленіе и новыхъ свойствъ. Если мы будемъ переходить къ еще большимъ, гораздо большимъ скопленіямъ атомовъ, къ шарамъ величиной съ луну, затѣмъ земли и, наконецъ, солнца, то мы каждый разъ будемъ находить совершенно другія свойства и функціи. Наша луна есть безъ сомнѣнія огромное скопленіе атомовъ, но для того, чтобы удержать около себя газовую оболочку и вмѣстѣ съ этимъ и жидкую воду—необходимыя условія столь многихъ явленій, характерныхъ для земной поверхности,—у нея

---

[1]) Приведенное сравненіе заимствовано у Лоджа—O. Lodge, „Life and Matter“.

атомовъ слишкомъ мало; какъ это показываютъ здѣсь весьма подробно и въ количественныхъ данныхъ наши образы, для этого необходимо гораздо большее скопленіе атомовъ, каковымъ является, напримѣръ, наша земля. Земля удерживаетъ около себя атмосферу и она это дѣлаетъ потому, что плотные слои ея массы достаточно для этого велики. Но они опять-таки не достаточно велики для того, чтобы надолго стать свѣтиломъ въ міровомъ пространствѣ, каковымъ является солнце, приблизительно въ милліонъ разъ большее земли. Только столь большія скопленія атомовъ могутъ надолго сохранить ту высокую температуру, которая необходима для свѣтила.

Эѳиръ.

Мы въ нашемъ представленіи подошли къ самымъ большимъ скопленіямъ матеріи, къ солнцамъ, къ разсѣяннымъ въ небесномъ пространствѣ звѣздамъ. И вмѣстѣ съ тѣмъ мы видимъ, какъ мало въ мірѣ матеріи. Вѣдь какъ ничтожны эти солнца въ сравненіи съ пространствами, свободными отъ матеріи, простирающимися отъ одного солнца до другого. Онѣ настолько велики, что быстрому свѣтовому лучу нужны тысячи лѣтъ, чтобы пробѣжать ихъ. Мы видимъ, такимъ образомъ, что почти все безконечное пространство еще свободно. Однако, это пространство не оказывается въ нашей картинѣ пустымъ; оно сплошь заполнено веществомъ второго рода, отличнымъ отъ матеріи, — эѳиромъ.

Глазъ, эта дивная входная дверь для нашихъ знаній, показываетъ намъ, что отъ самыхъ далекихъ звѣздъ, которыя мы еще въ состояніи различать, и до насъ все пространство безъ исключенія заполнено эѳиромъ. Вѣдь свѣтъ отъ каждой изъ этихъ звѣздъ, а это представляетъ несомнѣнный результатъ изслѣдованія при-

роды, заключается въ колебаніи, возбужденномъ звѣздой, колебаніи, которое, постепенно распространяясь, доходитъ до насъ, подобно волнамъ, бѣгущимъ по поверхности воды. Скорость этихъ свѣтовыхъ волнъ равна 300.000 километровъ въ секунду. Тактъ колебаній, возбужденныхъ звѣздой, доходитъ до насъ настолько отчетливымъ и неизмѣннымъ, что Бунзенъ и Кирхгофъ, изучая его, могли химически анализировать наиболѣе удаленныя звѣзды. Изъ всего этого слѣдуетъ, что все пространство заполнено чѣмъ-то, способнымъ колебаться и вѣрно передавать отъ одной точки къ другой, съ одной и той же опредѣленной скоростью, разъ полученное колебаніе. Это нѣчто мы называемъ эѳиромъ, и приведенное разсужденіе представляетъ собою доказательство его существованія. Но мы скоро увидимъ, что эѳиръ выполняетъ еще много другихъ функцій и даже настолько много, что естествоиспытатель, желая составить себѣ удовлетворительную картину такъ разнообразно дѣйствующаго эѳира, еще до сихъ поръ встрѣчается съ большими затрудненіями. Какимъ мощнымъ, неизмѣримымъ механизмомъ, заполняющимъ все пространство, кажется намъ этотъ эѳиръ, въ которомъ разсѣяно все, что мы знаемъ.

Обратимся теперь къ его ближайшему разсмотрѣнію; но передъ этимъ добавимъ еще кое-что о разсѣянныхъ въ немъ слѣдахъ — матеріальныхъ атомахъ. Мы должны при этомъ принять свойства эѳира такими, какими мы ихъ найдемъ, изслѣдовать ихъ, пользуясь имѣющимся у насъ опытомъ, и постараться соединить въ картину, лишенную противорѣчій. При этомъ мы не должны смущаться, какъ это часто, и по-моему, очень несправедливо, дѣлаютъ, если окажется, что эти свойства совершенно иныя, чѣмъ у твердой, жидкой и газообразной матеріи. Вѣдь эѳиръ отнюдь не то же, что матерія; мы можемъ пользоваться

понятіемъ о матеріи только для сравненія, чтобы, руководствуясь опытомъ, полученнымъ нами при изученіи ея движеній, составить себѣ представленіе о движеніи эѳира. Если мы найдемъ механизмъ эѳира, который, удовлетворяя наблюдаемымъ явленіямъ и умѣщаясь въ трехмѣрномъ пространствѣ, доступенъ нашему внутреннему взору, то мы достигнемъ всѣхъ преимуществъ такъ называемыхъ образовъ второго рода; это будетъ даже въ томъ случаѣ, если нашъ механизмъ эѳира дѣйствуетъ не по тѣмъ законамъ, какъ механизмы, построенные изъ матеріи [1]).

Мы могли бы даже тогда весь неодушевленный, матеріальный міръ представить себѣ въ формѣ движенія. Если при этомъ окажутся формы движенія, чуждыя нашимъ теперешнимъ воззрѣніямъ, то это поведетъ только къ расширенію этихъ воззрѣній; такое расширеніе должно наступить и наступитъ, если только оно не будетъ противорѣчить принятому нами напередъ постулату механистическаго міровозрѣнія, на что, конечно, мы не можемъ имѣть никакого вліянія.

Остановимся сначала на явленіяхъ свѣта, которыя доказали намъ существованіе эѳира. Прежде всего необходимо замѣтить, что свѣтъ представляетъ собой несомнѣнно поперечныя колебанія, т. е. въ свѣтовомъ лучѣ происходитъ періодическое измѣненіе состоянія, направленное только перпендикулярно къ лучу, и не проис-

---

[1]) Гертцъ выработалъ свою механику, главнымъ образомъ, изъ необходимости выяснить значеніе различныхъ формъ движенія и различныхъ родовъ зависимостей, которыя можно предположить между различными частями даннаго вещества (матеріи и эѳира). Конечно, онъ работалъ, обращая особенное вниманіе на то, чтобы уяснить себѣ, какія опредѣленныя формы этихъ законовъ и зависимостей достаточны, чтобы на нихъ основать механику эѳира, охватывающую наблюдаемые факты. Первую цѣль онъ, какъ извѣстно, достигъ прекрасно, но до второй не дошелъ.

ходитъ никакихъ смѣщеній, въ ту или другую сторону вдоль самого луча, какъ, напримѣръ, это должно быть въ звуковыхъ лучахъ въ воздухѣ. Уже старыя оптическія изслѣдованія, именно надъ поляризаціей свѣта, доказали такую поперечность свѣтовыхъ волнъ. Съ теченіемъ времени были изучены еще другія невидимыя волны эѳира: ультрафіолетовыя, инфракрасныя и электрическія. Онѣ имѣютъ всѣ тѣ же свойства, что и свѣтовыя, и отличаются только длиной. Эти длины, начиная отъ десятитысячныхъ долей миллиметра, доходятъ до километровъ. Послѣднія, очень длинныя волны—электрическія; со временъ Гертца ими пользуются для телеграфированія безъ проводовъ. Тождественность электрическихъ и свѣтовыхъ волнъ убѣждаетъ насъ въ томъ, что тотъ же самый эѳиръ, который приноситъ намъ отъ солнца свѣтъ, тепло и другіе виды энергіи, обусловливаетъ также электрическія и магнитныя силы. „Одинъ эѳиръ для свѣта, теплоты и электричества" — такъ формулировалъ лордъ Кельвинъ великія завоеванія электрическихъ изслѣдованій Гертца.

Всѣ эти волны, въ томъ числѣ и электрическія,— поперечны. Въ этомъ признаніи поперечности волнъ эѳира уже, повидимому, заключается большая трудность. Вѣдь поперечныхъ волнъ не бываетъ ни въ газахъ, ни въ жидкостяхъ, онѣ свойственны только твердымъ тѣламъ. Такимъ образомъ, мы приходимъ къ выводу, что эѳиръ ведетъ себя по отношенію къ волнамъ въ немъ не какъ жидкость или газъ, но какъ очень твердое тѣло. Но эѳиръ пронизывается какъ нами самими, такъ и другими тѣлами такъ легко, что при этомъ не замѣчается ни малѣйшаго сопротивленія. Именно эту легкость проницанія мы имѣемъ въ виду, когда мы по контрасту съ матеріей называемъ эѳиръ неосязаемымъ.

Мы не должны забывать того, что мы движемся не только здѣсь относительно зала, но что залъ съ нами и вмѣстѣ съ земнымъ шаромъ движется также съ немалой скоростью черезъ эѳиръ, черезъ тотъ самый эѳиръ, который относится къ своимъ собственнымъ колебаніямъ, какъ твердое тѣло. Это первая, кажущаяся удивительной, трудность при выработкѣ механизма эѳира. Ближайшій слѣдующій вопросъ въ этомъ отношеніи будетъ: приводится ли эѳиръ движеніемъ матеріи въ немъ, напримѣръ, земнымъ шаромъ въ совмѣстное движеніе или нѣтъ? Отвѣтъ даетъ явленіе, наблюдаемое астрономами: маленькое смѣщеніе кажущагося положенія неподвижной звѣзды въ зависимости отъ направленія движенія земли, называемое аберраціей. Это явленіе было открыто 50 лѣтъ спустя послѣ первыхъ измѣреній скорости свѣта О. Рёмеромъ и тогда же сразу было вѣрно понято. При этомъ оказалось, что величина наблюдаемаго вслѣдствіе аберраціи смѣщенія точно соотвѣтствуетъ покою эѳира въ зрительной трубѣ, въ то время какъ эта послѣдняя движется съ огромной скоростью вмѣстѣ съ землей по ея орбитѣ. Значитъ, и въ другихъ замкнутыхъ пространствахъ, напримѣръ, въ этомъ залѣ, эѳиръ не задерживается стѣнами, но дуетъ свободно сквозь все, встрѣчающееся на пути, сквозь самую землю, не испытывая на себѣ дѣйствія этого движенія. Однако, матерія должна обладать способностью вызывать движенія въ эѳирѣ (напримѣръ, свѣтовыя волны) и даже больше: возможность взаимнаго вліянія матеріи и эѳира при движеніи лежитъ въ основѣ всей нашей картины. Возникающія при этомъ трудности будутъ позднѣе устранены представленіемъ пространственно не сплошнымъ образомъ движущагося, проницаемаго эѳира.

Гиростатическій и негиростатическій эѳиръ.

Затрудненіе, заключающееся въ томъ, что съ одной стороны эѳиръ не противопоставляетъ никакого сопротивленія прониканію въ него, а съ другой стороны, если принять во вниманіе поперечность колебаній въ немъ, ведетъ себя какъ твердое тѣло, лордъ Кельвинъ старался преодолѣть картиной гиростатическаго эѳира. По его представленію, эѳиръ, по всему своему объему, охваченъ сильными вихрями. Если мы хотимъ найти механизмъ эѳира, мы отнюдь не должны представлять его себѣ сплошнымъ. Въ гиростатическомъ образѣ эѳира мы предполагаемъ, что онъ составленъ изъ отдѣльныхъ элементовъ, которые мы будемъ называть ячейками. Содержимое каждой ячейки охвачено вращеніемъ. Оси вращенія различныхъ ячеекъ имѣютъ различныя направленія. Словомъ, эѳиръ состоитъ исключительно изъ отдѣльныхъ вращающихся массъ, причемъ оси ихъ вращенія находятся въ полномъ безпорядкѣ. Свойства вращающейся массы, выступающія въ каждомъ волчкѣ, изучены хорошо. Отсюда мы приходимъ къ слѣдующему результату: отдѣльныя вращающіяся массы, ячейки, могутъ быть сдвигаемы другъ относительно друга безъ всякаго сопротивленія. Существующія вращенія этому не препятствуютъ—въ этомъ проявляются свойства жидкости; но вращеніе дѣлаетъ невозможнымъ поворотъ отдѣльныхъ клѣточекъ около любой оси, и это даетъ свойства твердаго тѣла.

Различіе между крѣпостью матеріи въ твердомъ состояніи и крѣпостью этого гиростатическаго эѳира заключается лишь въ томъ, что въ твердомъ тѣлѣ частицы не допускаютъ никакого поворота, такъ какъ они удерживаются силами сосѣднихъ частицъ, но эти же силы мѣшаютъ также и ихъ подвижности. Въ гироста-

тическомъ эѳирѣ повороту мѣшаетъ внутреннее вращеніе, но оно не вліяетъ на способность перемѣщаться.

Этотъ образъ охваченнаго внутренними вихревыми движеніями и потому твердаго гиростатическаго эѳира, придуманный для объясненія поперечности волнъ въ эѳирѣ, не долженъ быть сохраненъ непремѣнно; вѣдь поперечность волнъ не обязательно понимать, какъ внутреннюю крѣпость. Наблюденія надъ эѳирными волнами, напримѣръ, надъ свѣтовыми, показываютъ лишь то, что вдоль свѣтового луча возникаютъ періодически измѣняющіяся состоянія; по сходству всѣхъ волнъ въ эѳирѣ съ электрическими мы можемъ заключить, что вдоль луча, перпендикулярно къ нему, появляются періодически измѣняющіяся электрическія и магнитныя силы. Аналогія съ упругими поперечными волнами въ твердыхъ тѣлахъ приведена лишь на томъ основаніи, что она единственная, которая можетъ быть найдена у матеріи. Въ свое время она оказала Френелю большую услугу, но послѣ этого она уже больше ничего не могла дать. Даже предположеніе исключительно поперечныхъ волнъ въ эѳирѣ выходитъ за предѣлы опыта; мы не знаемъ, исчерпывается ли доступными нашему воспріятію (косвенно) поперечными колебаніями (электрическими и магнитными силами) все, что происходитъ въ эѳирной волнѣ или нѣтъ. Возможно, что эти поперечныя явленія въ волнѣ связаны съ продольными явленіями, ускользающими до сихъ поръ отъ нашего воспріятія [1]) и что именно эти продольныя явленія обусловливаютъ собой распространеніе со скоростью свѣта.

---

[1]) Наблюденія послѣдняго времени, повидимому, показываютъ, что начальныя скорости при фотоэлектрическихъ явленіяхъ больше въ направленіи движенія свѣтового луча, чѣмъ въ направленіи обратномъ. Если это подтвердится, то въ этомъ фактѣ, при самомъ простомъ толкованіи явленія, можно видѣть указанія на существованіе продольныхъ явленій въ лучѣ.

Если мы станемъ искать новыхъ исходныхъ точекъ, мы придемъ къ тому, что въ каждой свѣтовой волнѣ (въ наиболѣе простомъ случаѣ) будемъ видѣть эѳирное вихревое кольцо, которое движется впередъ (въ своей собственной плоскости) со скоростью свѣта. Въ этой картинѣ представленіе о внутренней крѣпости вообще говоря отпадаетъ [1]).

Въ дальнѣйшемъ мы опять вернемся къ болѣе простому представленію негиростатическаго эѳира. Внутренняя подвижность безъ сопротивленія свойственна также и этому эѳиру, такъ какъ мы во всякомъ случаѣ должны думать, что эѳиръ представляетъ собой среду, лишенную тренія (совершенно, но можетъ быть только почти), т. е. энергія упорядоченнаго движенія его частей совершенно не переходитъ (или же чрезвычайно медленно) въ энергію безпорядочнаго движенія (подобнаго тепловому движенію въ матеріальныхъ тѣлахъ). Представимъ себѣ, что въ такой средѣ, лишенной тренія, движется постороннее тѣло, напримѣръ шаръ (матерія). Онъ не будетъ испытывать никакого тренія. Сопротивленіе, которое испытывалъ бы шаръ при движеніи въ матеріальной жидкости, состояло бы изъ двухъ частей: во-первыхъ, треніе при сдвиганіи слоевъ жидкости другъ относительно друга; мы предполагаемъ, что въ нашемъ случаѣ его нѣтъ. Во-вторыхъ, вихрь (кильватеръ),

---

[1]) Извѣстны перемѣщающіяся вихревыя кольца въ жидкостяхъ и газахъ. Въ этихъ случаяхъ поступательное движеніе происходитъ не въ плоскости кольца, а перпендикулярно къ ней. Оно представляетъ собой слѣдствіе круговыхъ потоковъ, сопровождающихъ каждую вихревую нить въ данной средѣ; эти потоки результатъ непрерывности движенія въ данной средѣ, которая съ своей стороны можетъ быть разсматриваема, какъ консервативная часть дѣйствія силы тренія. Въ лишенномъ тренія эѳирѣ эта непрерывность не имѣетъ мѣста; поэтому механизмъ поступательнаго движенія долженъ быть совершенно другимъ.

образующійся позади движущагося шара. Но въ средѣ, въ которой отсутствуетъ треніе, вихри не могутъ появиться вновь и вихри, уже существующіе, не могутъ исчезнуть [1]). Въ такомъ случаѣ шаръ станетъ двигаться безпрепятственно, не встрѣчая сопротивленія. Происходящее при этомъ смѣщеніе среды въ сторону, являющееся результатомъ движенія массы въ средѣ, будетъ имѣть слѣдствіемъ только кажущееся увеличеніе массы шара. Въ заключеніи мы укажемъ, что достаточное объясненіе тому, что явленія соотвѣтствующія такому боковому смѣщенію, еще не обнаружены, нужно искать въ чрезвычайной малости пространства, занимаемаго матеріей. Наоборотъ, мы увидимъ, что приведеніе въ совмѣстное движеніе эѳирныхъ массъ и кажущееся увеличеніе массы движущейся матеріи играютъ роль въ другихъ случаяхъ.

Силы по закону Ньютона; дѣйствіе на разстояніи.

Для дальнѣйшаго изслѣдованія разсмотримъ другія функціи эѳира, причемъ мы будемъ имѣть въ виду пока тотъ же самый эѳиръ. Онъ долженъ обусловливать также силы всемірнаго тяготѣнія—тотъ родъ силъ, который удерживаетъ вмѣстѣ солнце и планетную систему, и заставляютъ здѣсь, на землѣ, предоставленный самому себѣ камень падать внизъ. Представленіе о механикѣ этого явленія, а также о механикѣ другихъ, такъ называемыхъ дѣйствій на разстояніи, которыя мы еще будемъ обсуждать, заключается въ слѣдующемъ: въ то время, какъ камень еще находится въ покоѣ относительно земли, когда онъ еще удерживается на

---

[1]) Въ гиростатическомъ эѳирѣ появленію новыхъ вращеній мѣшаютъ уже существующія вращенія.

прежнемъ мѣстѣ, въ пространствѣ между нимъ и землей—въ эѳирѣ уже существуетъ движеніе; это движеніе, всегда происходящее въ эѳирѣ, непосредственно связано съ атомами матеріи, разсѣянными въ немъ, по существу принадлежатъ этимъ атомамъ и сосредоточивается вокругъ нихъ.

Предоставимъ камень самому себѣ, въ этомъ случаѣ его паденіе отнюдь не будетъ новымъ движеніемъ, но существовавшее уже раньше движеніе эѳира, будучи перенесеннымъ на видимую матерію—камень, станетъ замѣтнымъ. Мы, однако, еще едва въ состояніи сказать больше объ этомъ чудѣ падающаго камня, которое, благодаря Галлилею, Ньютону и ихъ послѣдователямъ, такъ тонко математически описано [1]).

У насъ есть только одна опора для дальнѣйшаго шага въ этомъ направленіи: недавно мы узнали, что атомы матеріи, съ которыми связаны эти явленія въ эѳирѣ, состоятъ изъ положительнаго и отрицательнаго электричества. Далѣе, со временъ Кулона, мы знаемъ, что электрическіе заряды дѣйствуютъ другъ на друга какъ разъ по тому же Ньютонову закону, какъ земля и камень.

Представимъ себѣ теперь вмѣсто двухъ, тяготѣющихъ другъ къ другу, атомовъ, составленныхъ изъ электрическихъ зарядовъ, два отдѣльныхъ электрическихъ заряда; въ этомъ случаѣ мы будемъ имѣть дѣло съ болѣе простой, можетъ быть, болѣе близкой къ существу и во всякомъ случаѣ съ болѣе доступной проб-

---

[1]) Въ своей механикѣ Гертцъ привелъ динамическія объясненія дѣйствія на разстояніи въ обширную систему и разработалъ скрытыя (замкнутыя на себя, циклическія) движенія эѳира, которыя могли бы повести къ подобнымъ силамъ; однако, частные виды движеній въ эѳирѣ, которыя были бы способны вызвать опредѣленныя дѣйствія на разстояніи, еще не достаточно изслѣдованы и еще вопросъ: возможно ли, оставаясь въ рамкахъ механики Гертца, притти къ механизму наблюдаемыхъ дѣйствій на разстояніи.

лемой. Мы увидимъ, однако, сколько трудностей представляетъ уже эта проблема. Въ экспериментальныхъ изслѣдованіяхъ Гертца, доказывающихъ конечную скорость распространенія электрическихъ силъ, мы имѣемъ прямое указаніе на то, что механизмъ нужно искать въ промежуточномъ пространствѣ, обусловливающемъ эти силы и ихъ распространеніе. Чтобы представить себѣ электрическія (и, какъ мы увидимъ впослѣдствіи, магнитныя) силы мы будемъ пользоваться силовыми линіями, придуманными Фарадэемъ и Максвелломъ для этой цѣли. Этотъ пріемъ очень совершененъ. Силовыя линіи даютъ намъ отвѣтъ на всѣ вопросы, которые мы могли бы предложить относительно зависимостей и дѣйствій нашей электрической системы. Нужно только помнить, что эти линіи вполнѣ аналогичны натянутымъ нитямъ, которыя стремятся оттолкнуть другъ друга въ сторону.

Подобно такимъ нитямъ силовыя линіи образуются и распредѣляются въ пространствѣ и такъ же дѣйствуютъ. Каждая силовая электрическая линія начинается у положительнаго электричества и кончается у отрицательнаго. Она никогда не кончается свободно въ эѳирѣ, гдѣ нѣтъ электричества. Вслѣдствіе этого мы съ увѣренностью заключаемъ, что въ мірѣ, насколько мы его знаемъ, существуетъ одинаковое количество положительнаго и отрицательнаго электричества. Мы не можемъ никакимъ способомъ создать электричество вновь, въ нашихъ силахъ только сдвигать въ ту или другую сторону уже существующее и раздѣлять или снова соединять противоположныя электричества. Въ этомъ именно заключаются всѣ извѣстныя намъ электрическія явленія. Если нѣтъ никакихъ препятствій, то соединеніе противоположныхъ электричествъ происходитъ само собой. Въ этомъ случаѣ силовыя линіи дѣйствуютъ подобно натянутымъ нитямъ. Уравненія, предста-

вляющія собой математическій образъ перваго рода этихъ явленій, максвелловы уравненія, нужно понимать, какъ математическое изображеніе именно этихъ Фарадеевыхъ силовыхъ линій, а сами силовыя линіи являются уже нѣкоторымъ частичнымъ образомъ второго рода этихъ явленій.

Прежде чѣмъ мы приступимъ къ вопросу, какой механизмъ въ эѳирѣ соотвѣтствуетъ этимъ электрическимъ силовымъ линіямъ, мы вспомнимъ о силахъ другого рода, существующихъ помимо электрическихъ и дѣйствующихъ также по закону Кулона; эти силы, до открытія электромагнитныхъ явленій, представляли собой самостоятельный предметъ изученія, безъ дальнѣйшихъ связей съ чѣмъ-нибудь другимъ. Рѣчь идетъ о силахъ магнитныхъ. Магнитныя силы могутъ быть также прекрасно представлены силовыми линіями. Эти магнитныя силовыя линіи имѣютъ точно тѣ же свойства, какъ и электрическія; лишь въ одномъ пунктѣ онѣ отличаются отъ послѣднихъ: онѣ всегда замкнуты; онѣ никогда и нигдѣ не кончаются, что вполнѣ согласно съ тѣмъ положеніемъ, что магнетизмъ, какъ нѣчто особое, находящееся въ магнитныхъ полюсахъ, вообще говоря, не существуетъ. Эти магнитныя силовыя линіи также вполнѣ сходны съ натянутыми, взаимно отталкивающимися нитями и дѣйствуютъ во всѣхъ отношеніяхъ подобно послѣднимъ. Именно поэтому эти линіи приводятъ въ движеніе кусокъ желѣза, попавшаго въ сферу ихъ дѣйствія, поэтому также мы въ состояніи приводить въ дѣйствіе наши электромоторы. Всѣ эти явленія могутъ быть подробно математически изслѣдованы на основаніи свойствъ силовыхъ линій и заключаются въ математическомъ образѣ Максвелловыхъ уравненій. При помощи особыхъ опытовъ можно сдѣлать электрическія и магнитныя силовыя линіи видимыми непосредствен-

но (магнитныя напримѣръ, при помощи желѣзныхъ опилокъ) и, такимъ образомъ, изучить экспериментально ходъ отдѣльныхъ линій. Пространство, въ которомъ дѣйствуютъ магнитныя или электрическія силы, въ которомъ слѣдовательно, протянуты силовыя линіи, мы называемъ кратко электромагнитнымъ полемъ.

Потоки и вихри въ эѳирѣ.

Электрическія и магнитныя силы, имѣющія столько аналогій другъ съ другомъ, однако, различны по существу; магнитный полюсъ, изъ котораго исходятъ силы одного рода, представляетъ собою нѣчто совершенно другое, чѣмъ наэлектризованное тѣло, вызывающее силы совершенно другого рода. Мы должны, слѣдовательно, искать въ эѳирѣ два различныхъ механизма, которые оба дѣйствуютъ, какъ натянутыя, взаимно отталкивающіяся, нити. Каковы же могутъ быть эти, такъ удивительно аналогичные, и, однако, по существу различные механизмы? Отвѣтъ не возбудитъ сомнѣнія, если первое указаніе мы будемъ искать у матеріи. Мы знаемъ только два и только два рода движеній въ пространственно протяженныхъ подвижныхъ внутри системахъ массъ, распространяющихся подобно силовымъ линіямъ и, однако, совершенно отличныхъ другъ отъ друга. Эти виды движенія извѣстны и хорошо изучены въ матеріальныхъ жидкостяхъ и газахъ; это—*потоки* и *вихри*. Если внутри жидкости существуютъ потоки, то отдѣльныя части этой жидкости описываютъ при этомъ линіи, называемыя линіями потока; онѣ имѣютъ форму и расположеніе силовыхъ линій. Эти линіи потока также, какъ и электрическія силовыя линіи никогда не оканчиваются внутри жидкости; онѣ могутъ только тамъ кончаться или начинаться, гдѣ жидкость вытекаетъ или втекаетъ, подобно тому, какъ электрическія

силовыя линіи кончаются или начинаются тамъ, гдѣ находится электричество одного или другого знака. Но линіи потока могутъ быть также замкнутыми, возвращающимися къ своему началу, подобно магнитнымъ силовымъ линіямъ; этотъ случай наступитъ тогда, когда нѣтъ никакого притока или утеканія жидкости и жидкость внутри только кружится. Но совершенно такія же свойства имѣютъ оси вихревыхъ движеній, которыя происходятъ въ жидкости. Эти оси, вообще говоря, представляютъ собою кривыя линіи, называемыя вихревыми нитями. Вихревыя нити образуются и располагаются совершенно такъ же, какъ электрическія и магнитныя силовыя линіи. Онѣ также никогда не кончаются внутри среды; онѣ могутъ кончаться только на ея границѣ или же замыкаться на себя.

Замкнутыя вихревыя нити называются также вихревыми кольцами, какъ, напримѣръ, всѣмъ извѣстныя кольца табачнаго дыма. Мы имѣемъ, такимъ образомъ, право предполагать, что каждый изъ двухъ родовъ линій,—электрическія или магнитныя, представляютъ собой либо линіи потоковъ, либо вихревыя нити. Если линіи одного рода, напримѣръ, электрическія, будутъ линіями потока, то другія линіи—магнитныя, должны быть вихревыми нитями и наоборотъ.

До сихъ поръ еще между этими возможностями не сдѣланъ выборъ, свободный отъ сомнѣній. Съ нимъ связаны слѣдующія затрудненія: если мы примемъ электрическія силовыя линіи за линіи потоковъ въ эѳирѣ, то мы должны будемъ притти къ заключенію, что всякій положительный (или отрицательный) электрическій зарядъ представляетъ собой источникъ, мѣсто появленія, новаго эѳира и всякій отрицательный (или положительный) зарядъ — мѣсто, гдѣ эѳиръ исчезаетъ. Въ такомъ случаѣ весь эѳиръ непрерывно исчезалъ бы и появлялся вновь, на что въ дѣйствительности

нѣтъ никакихъ указаній; предположеніе о существованіи обратнаго переноса, существующаго въ скрытомъ видѣ, также не находитъ никакого подтвержденія въ извѣстныхъ фактахъ. Обратимся ко второй возможности, заключающейся въ томъ, что потокамъ въ эѳирѣ соотвѣтствуютъ магнитныя силовыя линіи; въ этомъ случаѣ, только что указанное затрудненіе отпадаетъ вполнѣ, такъ какъ магнитныя линіи всегда замкнуты; соотвѣтствующіе имъ потоки въ эѳирѣ заключаются только во внутреннихъ движеніяхъ эѳира безъ втеканія и вытеканія. Но при этомъ появляется другое затрудненіе: въ этомъ случаѣ электрическія силовыя линіи должны быть вихревыми нитями въ эѳирѣ, начало и конецъ которыхъ лежатъ тамъ, гдѣ находится электричество. Но подобныя вихревыя нити, какъ оси вращенія, если только вращеніе въ средѣ распредѣляется непрерывно (безъ плоскостей скольженія), какъ это происходитъ въ матеріальной средѣ, не могутъ дать то расположеніе, которое мы находимъ у электрическихъ силовыхъ линій: онѣ не могутъ дать никакого расхожденія или схожденія, въ то время, какъ электрическія силовыя линіи непремѣнно сходятся тамъ, гдѣ находится электричество. Большая заслуга Ф. Бьеркнеса заключается въ томъ, что онъ изслѣдовалъ математически и обсудилъ эти соотношенія и трудности [1].

Самъ Бьеркнесъ повидимому склоняется къ первому выбору, причемъ необъяснимое, при теперешнемъ состояніи знаній, исчезновеніе и появленіе вновь эѳира остается внутреннимъ противорѣчіемъ.

Одна вихревая нить у каждаго электрона.

Я думаю, однако, что можно избѣгнуть всякихъ затрудненій, если сдѣлать второй выборъ (магнитныя

---

[1]) См. „Vorlesungen über hydrodynamische Fernkräfte“, Leipzig 1900 и „Die Kraftfelder“, Braunschweig 1909.

силовыя линіи—линіи потока; электрическія силовыя линіи—вихревыя нити въ эѳирѣ) и если при этомъ предположить, что дѣйствительно наблюдаемая непрерывность въ распредѣленіи электрическихъ силъ вокругъ электрически заряженнаго тѣла только кажущаяся, что на самомъ дѣлѣ изъ каждаго заряженнаго тѣла выходитъ опредѣленное число силовыхъ линій—вихревыхъ нитей, оставляющихъ между собою свободные промежутки. Это вполнѣ соотвѣтствуетъ представленію, къ которому привели изслѣдованія послѣдняго времени; мы ихъ разсмотримъ въ концѣ; эти изслѣдованія были произведены для подтвержденія, уже давно выведеннаго изъ явленій электролиза Максвелломъ и Гельмгольтцемъ заключенія, что электричество повсюду, гдѣ бы мы его ни нашли, раздѣлено на отдѣльныя элементарные заряды, опредѣленной и неизмѣнной величины называемые иначе электронами.

Если мы припишемъ силовымъ линіямъ, какъ это уже сдѣлалъ Фарадэй на основаніи своихъ собственныхъ изслѣдованій надъ природой, самостоятельное существованіе въ видѣ предположенныхъ нами вихревыхъ нитей, то изъ этого уже само собой слѣдуетъ, что у каждаго элементарнаго электрическаго заряда должно кончаться нѣкоторое опредѣленное число вихревыхъ нитей, въ простѣйшемъ случаѣ одна [1]). Сдѣлаемъ это предположеніе и будемъ его имѣть въ виду въ дальнѣйшемъ; въ такомъ случаѣ мы придемъ къ заключенію, что изъ всякаго наэлектризованнаго тѣла расхо-

---

[1]) Это предположеніе одной силовой линіи у каждаго электрона, я уже нѣсколько лѣтъ излагаю въ моихъ лекціяхъ по экспериментальной физикѣ. При тщательномъ изученіи работъ Бьеркнеса оно мнѣ впервые показалось единственнымъ выходомъ изъ ряда трудностей и это дало мнѣ поводъ изслѣдовать его подробнѣй. Съ тѣхъ поръ оказалось, что это естественное предположеніе можетъ быть высказано и по другому поводу,

дится[1]) ровно столько отдѣльныхъ вихревыхъ нитей, сколько въ немъ заключается элементарныхъ зарядовъ. Впечатлѣніе сколь угодно большого числа силовыхъ линій, не-оставляющихъ между собой промежутковъ, получается въ нашихъ опытахъ только потому, что мы всегда наблюдаемъ тѣла, заряженныя огромнымъ числомъ элементарныхъ зарядовъ[2]).

Мы приходимъ такимъ образомъ къ представленію, что каждому электрону въ окружающемъ эѳирѣ соотвѣтствуетъ одна вихревая нить, нераздѣльно съ нимъ связанная. Она принадлежитъ электрону по существу

---

[1]) Воображаемыя нами въ данномъ случаѣ вихревыя нити (какъ уже читатель могъ замѣтить) имѣютъ, по сравненію съ вихревыми нитями, изслѣдованными Гельмгольтцемъ, въ жидкостяхъ и газахъ, свои особенности. Съ каждой вихревой нитью Гельмгольтца связано круговое движеніе всей массы жидкости, и всякая часть жидкости выполняетъ сумму всѣхъ движеній, присущихъ отдѣльнымъ вихревымъ нитямъ. Это, вообще говоря, имѣетъ слѣдствіемъ вращеніе вихревыхъ нитей другъ около друга. Напротивъ, вихревыя нити, при помощи которыхъ мы здѣсь изображаемъ электрическія силы, должны (во всякомъ случаѣ въ первомъ приближеніи) функціонировать независимо другъ отъ друга. Ихъ взаимное вліяніе заключается лишь въ томъ, что вихревыя нити, имѣющія одинаковое направленіе отталкиваются, нити же, имѣющія противоположныя направленія, стремятся слиться. Эти вліянія обусловливаютъ ихъ относительное расположеніе. Сомнительно, что это удовлетворяется интегралами вихревого движенія Гельмгольтца. Но цѣнность нашихъ представленій не зависитъ отъ этого; и въ томъ случаѣ, если свойства нашихъ вихревыхъ нитей не будутъ заключаться въ гидродинамическихъ уравненіяхъ, даже при введеніи плоскостей скольженія и въ этомъ случаѣ наши представленія будутъ обладать всѣми достоинствами образа второго рода, лишь бы онѣ были въ состояніи охватить безъ внутреннихъ противорѣчій имѣющіяся у насъ знанія объ эѳирѣ.

[2]) Электрическое поле, въ которомъ на 1 кв. см. приходится только одна силовая линія, имѣетъ величину около $2 \cdot 10^{-6}$ вольта на 1 см. Такое слабое поле въ настоящее время еще не составляетъ объекта изслѣдованія.

и движется всегда вмѣстѣ съ нимъ, прилегая къ нему своимъ концомъ. Электронъ по крайней мѣрѣ отрицательный, самъ по себѣ чрезвычайно малъ, какъ мы это увидимъ при разсмотрѣніи заполненія пространства матеріей, прилегающій же къ нему эѳирный вихрь можетъ протянуться на большое разстояніе, прежде чѣмъ онъ окончится положительнымъ электрономъ, поэтому сами электроны проявляются главнымъ образомъ, какъ явленіе въ эѳирѣ. Это вполнѣ согласуется со сдѣланнымъ мною еще раньше заключеніемъ, что катодные лучи, состоящіе исключительно изъ отрицательныхъ электроновъ, представляютъ собой явленіе въ эѳирѣ. Мы имѣемъ право, поэтому, на самые электроны смотрѣть, какъ на часть эѳира, въ томъ смыслѣ, что они представляютъ собой концы вихревыхъ нитей. Такимъ образомъ отдѣльные свободные электроны необходимо должны обладать нѣкоторой односторонностью, потому что выходящимъ изъ нихъ нитямъ соотвѣтствуетъ нѣкоторое опредѣленное направленіе въ пространствѣ. Въ катодныхъ лучахъ малой плотности, напримѣръ, въ полученныхъ мною фотоэлекрически, или въ β-лучахъ нѣкоторыхъ радіоактивныхъ тѣлъ, гдѣ отдѣльные электроны движутся на довольно большихъ разстояніяхъ другъ отъ друга, эта односторонность дѣйствительно можетъ быть обнаружена. Если мы, пользуясь составленными представленіями, разсмотримъ свѣтовой лучъ, представляющій собой рядъ электрическихъ волнъ, то мы найдемъ въ его горахъ и долинахъ эѳирныя вихревыя нити, направленныя перпендикулярно (поперечно) къ лучу, которыя отдѣлившись[1]) отъ нитей связанныхъ съ электронами,

[1]) Отдѣленіе колецъ происходитъ въ томъ случаѣ, если силовая линія согнется въ петлю, т. е. когда двѣ противоположно направленныхъ части одной и той же силовой линіи приблизятся другъ къ другу. Эта конфигурація можетъ получиться только при достаточно

образуютъ замкнутыя кольца, по крайней мѣрѣ на каждую длину волны по одному кольцу. Если-бы свѣтовой лучъ произошелъ отъ колебанія одной единственной пары электроновъ, то на каждую длину волны приходилась бы только одна такая кольцеобразная замкнутая вихревая нить, и всѣ происшедшіе, такимъ образомъ, свѣтовые лучи были бы въ этомъ отношеніи подобны другъ другу. Слѣдуетъ замѣтить, что всякій видимый свѣтъ, который мы только знаемъ (не волны Гертцовскихъ осцилляторовъ) въ дѣйствительности долженъ быть скопленіемъ подобныхъ волнъ, изъ которыхъ каждая содержитъ одну единственную кольцеобразную, замкнутую (слѣдовательно дважды пересѣкающую лучъ) вихревую нить, такъ какъ весь этотъ свѣтъ происходитъ отъ колебаній отдѣльныхъ электроновъ, находящихся въ атомахъ свѣтящихся тѣлъ. Каждая такая волна движется въ пространствѣ со скоростью свѣта; ея энергія, согласно нашимъ представленіямъ, распространяется при этомъ не по всему пространству, а остается сконцентрированной въ той части пространства, которая занята вихревой нитью и соотвѣтствующимъ поперечнымъ потокомъ (магнитная сила волны), о которомъ рѣчь еще впереди. Это повидимому согласуется съ представленіемъ о свѣтовыхъ количествахъ, введенныхъ Планкомъ и Эйнштейномъ, а также новымъ экспериментальнымъ результатамъ о природѣ γ-лучей радіоактивныхъ тѣлъ.

быстромъ движеніи концовъ соотвѣтствующей силовой линіи (электроновъ). Въ этомъ случаѣ происходитъ упомянутое выше въ примѣчаніи сліяніе противоположно направленныхъ частей одной и той же силовой линіи; послѣ этого петля отдѣлится въ видѣ замкнутаго кольца и станетъ самостоятельной. Это явленіе впервые изслѣдовано Гертцомъ при помощи Максвелловыхъ уравненій на примѣрѣ электрическаго осциллатора, (Ausbreitung der elektr. Kraft, S. 147).

Пондеромоторныя силы.

Теперь еще одинъ важный вопросъ: какимъ образомъ вихри и потоки въ эѳирѣ, за которые мы принимаемъ электрическія и магнитныя силы, дѣйствующія въ немъ, связаны съ притяженіемъ и отталкиваніемъ, наблюдаемыми у электрическихъ зарядовъ и магнитныхъ полюсовъ. Вопросъ о силовыхъ дѣйствіяхъ, вызываемыхъ вслѣдствіе внутреннихъ движеній среды, имѣющей массу, можетъ быть изслѣдованъ прежде всего съ помощью гидродинамическихъ уравненій. Оба Бьеркнеса неоднократно и внимательно изслѣдовали эту трудную задачу и указали, что получающіяся при этомъ силы въ самомъ дѣлѣ таковы, какъ это намъ нужно, т. е. дѣйствуютъ по закону Ньютона-Кулона. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ можно даже легко на опытѣ показать существованіе подобныхъ силъ, причемъ средой можетъ служить вода. Особенно хорошо удается слѣдующій опытъ: два пульсирующихъ (періодически увеличивающіеся и уменьшающіеся въ объемѣ, сдѣланные изъ каучуковой пленки) шара опускаются въ воду; оказывается, что въ этомъ случаѣ они дѣйствительно будутъ притягиваться или отталкиваться въ зависимости отъ того, въ одинаковыхъ фазахъ они пульсируютъ или въ прямо противоположныхъ. Шары дѣйствуютъ другъ на друга при помощи движеній, вызываемыхъ ими въ водѣ (въ данномъ случаѣ рѣчь идетъ о короткихъ движеніяхъ то въ ту, то въ другую сторону, которыя въ водѣ легче вызвать въ чистомъ видѣ, чѣмъ продолжительные потоки). Мѣсто, изъ котораго эѳиръ вытекаетъ въ разныя стороны, или къ которому онъ стекается, согласно нашимъ воззрѣніямъ, будетъ магнитнымъ полюсомъ. Значитъ, опытъ показываетъ притяженіе и отталкиваніе

магнитныхъ полюсовъ; при этомъ оказывается, что величина силъ дѣйствительно зависитъ отъ силы полюсовъ и ихъ разстояній другъ отъ друга. Въ данномъ случаѣ мы имѣемъ, слѣдовательно, механизмъ, вызывающій силы по закону Ньютона-Кулона. Представимъ себѣ теперь, что вода и ея движенія стали для насъ невидимы непосредственно, какъ эѳиръ или какъ вода для глубоководныхъ рыбъ, которыя никогда не попадаютъ въ мѣсто, лишенное воды; мы видѣли бы, слѣдовательно, только два тѣла, ихъ дѣйствіе другъ на друга казалось бы намъ непосредственнымъ дѣйствіемъ на разстояніи. Но, если бы мы узнали о существованіи воды и ея движеній, мы увидѣли бы, что не удаленное второе тѣло, а непосредственно окружающая вода дѣйствуетъ на подвижное тѣло; мы уже не имѣли бы тогда непосредственнаго непонятнаго болѣе дѣйствія на разстояніи, мы считали бы, что это дѣйствіе вызвано механизмомъ, находящимся въ промежуточномъ пространствѣ и подлежащимъ нашему изслѣдованію. Существованіе такого участія подвижной инертной массы всегда можетъ быть узнано еще и потому, что силѣ нужно нѣкоторое время, чтобы дойти отъ одного мѣста среды къ другому, такъ какъ дѣйствіе силы на нѣкоторое тѣло, находящееся въ опредѣленномъ мѣстѣ среды, можетъ наступить только тогда, когда движеніе среды, вышедшее изъ удаленнаго второго тѣла, достигло этого мѣста. Именно это распространеніе съ конечной скоростью (скоростью свѣта) электрическихъ (и магнитныхъ) силъ доказано открытіями Гертца, и на этомъ основывается наше особое убѣжденіе, что мы имѣемъ право искать механизмъ этихъ силъ въ эѳирѣ

Но мы не разсмотрѣли еще одного обстоятельства: направленія силъ въ нашей модели. Въ магнитныхъ (а также въ электрическихъ) силахъ дѣло происхо-

дитъ такимъ образомъ, что одинаковое отталкивается, различное притягивается. Какъ это будетъ здѣсь? Шары, пульсирующіе въ одинаковой фазѣ, притягиваются, пульсирующіе въ различной фазѣ отталкиваются. — Слѣдовательно эффектъ въ данномъ случаѣ обратный. Значитъ, хотя величина силъ остается подходящей, но направленія ихъ обратны. Развѣ этимъ не уничтожается пригодность нашей картины? Я думаю, какъ и Бьеркнесъ,—нѣтъ. Бьеркнесъ, исходя изъ своей картины, даетъ возможность объяснить обратность направленія силы. Въ картинѣ, которую мы въ концѣ концовъ получимъ, это затрудненіе, какъ окажется, устранится само собой, лишь только мы изслѣдуемъ ея слѣдствія. Именно, мы придемъ къ тому, чтобы всегда разсматривать потоки эѳира только въ связи съ его вихрями, и эта связь, которую мы впослѣдствіи разсмотримъ подъ названіемъ электродинамической связи, объясняетъ магнитныя силовыя дѣйствія, какъ непосредственный результатъ дѣйствія инерціи эѳира въ прямомъ направленіи [1]. Мы еще вернемся къ этому

[1]) Въ данномъ случаѣ механизмъ слѣдующій: примемъ за основную часть магнита, маленькій круговой токъ. Движеніе электричества въ немъ связано съ поступательнымъ движеніемъ принадлежащихъ ему нитей, которое происходитъ, главнымъ образомъ, въ плоскости кругового тока. Вслѣдствіе электродинамической связи, поступательное движеніе каждой вихревой нити связано съ поперечнымъ потокомъ, пересѣкающимъ плоскость кругового тока перпендикулярно и образующимъ его магнитное поле. Если кромѣ того черезъ круговой токъ течетъ эѳиръ снаружи (внѣшнее магнитное поле), то также и этотъ эѳиръ будетъ принужденъ вихревыми нитями (движущимися по отношенію къ нему) протекать перпендикулярно къ нимъ; слѣдовательно, онъ долженъ, вообще говоря, измѣнить направленіе своего движенія. Вихревыя нити, а поэтому и весь круговой токъ будетъ стремиться произвести такое вращательное или поступательное движеніе, чтобы это измѣненіе направленія движенія эѳира оказалось возможно меньшимъ. Итакъ, магнитныя силовыя дѣйствія сведены къ стремленію эѳирныхъ массъ двигаться по кратчайшему пути (дѣйствіе инерціи).

при разсмотрѣніи индукціи. Что касается электрическихъ силъ, то онѣ, при нашемъ пониманіи электрическихъ силовыхъ линій, какъ отдѣльныхъ вихревыхъ нитей, уже напередъ не представляютъ никакихъ трудностей. Уже Максвеллъ указалъ на то, что вихревыя нити, вслѣдствіе ихъ собственной центробѣжной силы, испытываютъ боковыя давленія и продольныя натяженія. И то, и другое присуще силовымъ линіямъ и, какъ мы указали, правильно объясняетъ всѣ электрическія силовыя дѣйствія.

Электродинамика.

Итакъ, мы уже имѣемъ электрическія и магнитныя силы. Но факты, которые должна объяснить наша модель, требуютъ еще большаго. Благодаря открытіямъ Эрстеда, Ампера, Фарадэя и Гертца, намъ извѣстна зависимость между этими двумя родами силъ. Это огромная, богатая содержаніемъ и хорошо обоснованная система фактовъ, на которую я здѣсь только намекну. На этихъ фактахъ теперь основывается колоссальное примѣненіе электрическихъ силъ. Эту систему фактовъ называютъ электродинамикой. Удивительно, какъ Максвеллъ именно это богатое поле количественнаго знанія сумѣлъ заключить въ своихъ уравненіяхъ такъ, что все оказалось правильно интерпретированнымъ, ничего не пропущено, все сконцентрировано и можетъ быть подробно количественно развито въ любомъ направленіи съ помощью математическихъ средствъ, если при этомъ, само собой разумѣется, для частныхъ случаевъ разсматриваемой системы тѣлъ придавать частныя свойства. Если бы мы могли вообще удовольствоваться упомянутыми выше образами перваго рода, то въ уравненіяхъ Максвелла мы имѣли бы подобный образъ всей теперешней электродинамики въ самомъ пло-

номъ видѣ. Нельзя достаточно уяснить, какое чудо концентраціи знанія представляютъ собою эти уравненія. Они содержатъ всегда безконечно больше того, чѣмъ когда-нибудь кто-нибудь—даже тотъ, кто установилъ эти уравненія—могъ видѣть; они содержатъ только достовѣрное; пока они вообще правильны, и до самаго послѣдняго времени изъ этихъ Максвелловыхъ уравненій, установленныхъ уже въ 1870-хъ годахъ, математически предсказывались новыя явленія, о которыхъ до того не знали, но которыя затѣмъ могли быть найдены въ дѣйствительности именно въ томъ видѣ, какъ это дали уравненія, явленія, о которыхъ мы, слѣдовательно, уже имѣли знанія въ рукахъ, такъ какъ мы владѣли уравненіями, и только не догадывались объ этомъ. Я думаю, вы согласитесь, что, если мы не довольствуемся этимъ настолько совершеннымъ образомъ перваго рода и желаемъ имѣть еще механизмъ — образъ второго рода, то прежде всего должны посмотрѣть, соотвѣтствуетъ или нѣтъ построенная нами механическая картина этимъ уравненіямъ. Бьеркнесъ сдѣлалъ это съ составленной имъ картиной. При этомъ слѣдуетъ посмотрѣть: соотвѣтствуетъ ли точно связь между вихрями и потоками, слѣдующая изъ принятыхъ свойствъ среды, связи между электрическими и магнитными силами, получаемой изъ уравненій Максвелла.

Уравненія Бьеркнеса.

Бьеркнесъ пользовался гиростатическимъ эѳиромъ. Существующія уже въ немъ повсюду и всегда существовавшія вращенія допускаютъ образованіе вихревыхъ нитей только потому, что происходитъ вращеніе всей области среды. Бьеркнесъ предполагаетъ эти вращенія распредѣленными въ средѣ непрерывно (безъ плоскостей скольженія), вслѣдствіе чего она непре-

рывно заполнена вихревыми нитями [1]). Онъ изслѣдовалъ уравненія движенія въ подобной средѣ и нашелъ, что связь между вихрями и потоками въ ней соотвѣтствуетъ въ дѣйствительности наблюдаемой связи между магнитными и электрическими силами, но что полное соотвѣтствіе этого механиза съ Максвелловыми уравненіями не имѣетъ мѣста. Механизмъ соотвѣтствуетъ слегка измѣненной системѣ уравненій. Этотъ механизмъ Кельвинъ—Максвеллъ—Бьеркнеса требуетъ прибавки еще одного члена въ уравненіи. Значитъ, и Максвелловы уравненія и этотъ механизмъ—оба могутъ быть неправильны. Что же изъ двухъ еще незаконченно, строго говоря, невѣрно?

Уравненія опираются на упомянутыя уже испытанія; механизмъ опирается на наше внутреннее убѣжденіе, что долженъ существовать какой-то механизмъ, а этотъ опредѣленный механизмъ—на то, что онъ зародился въ головахъ такихъ прекрасныхъ мыслителей и до сихъ поръ еще не замѣненъ лучшимъ. На этомъ несоотвѣтствіи между механизмомъ эѳира и Максвелловыми уравненіями, на общемъ убѣжденіи, что эти уравненія въ ихъ теперешней формѣ безъ нѣкоторой, не входящей въ нихъ, прибавки вообще не могутъ соотвѣтствовать никакому механизму, такъ какъ они не могутъ быть сведены къ уравненіямъ механики, именно на этомъ основывается наступающее въ нынѣшнее время сомнѣніе, сведенное нами вначалѣ къ вопросу: приспособленъ ли умъ человѣка къ тому, чтобы понять механизмъ природы.

Если на этотъ вопросъ слѣдуетъ отвѣтить утвердительно, то мы должны выйти за предѣлы Максвелло-

---

[1]) Мы уже указали выше на получающееся здѣсь противорѣчіе, въ случаѣ, если вихревыя нити будутъ электрическими линіями силъ. Путь къ его преодолѣнію уже указанъ нами—не непрерывно распредѣленные въ пространствѣ вихри. Мы будемъ слѣдовать имъ въ текстѣ.

выхъ уравненій. Упомянутыя работы Бьеркнеса придали прибавкѣ къ уравненіямъ опредѣленную форму; въ связи съ этимъ выдвигается задача: соотвѣтствуетъ ли дѣйствительности этотъ прибавочный членъ. Для этого мы произвели рядъ опытовъ въ Физическомъ Институтѣ. * Ихъ результаты были сплошь отрицательны [1]). Если остаться на точкѣ зрѣнія Бьеркнеса, то можно изъ отрицательныхъ результатовъ опыта, принимая во вниманіе достигнутую точность измѣренія, вывести нижній предѣлъ плотности эѳира. Полученный такимъ образомъ численно предѣлъ плотности эѳира очень высокъ; плотность эѳира оказывается, слѣдовательно, очень большой.

Значитъ, если эѳиру приписать необычайно большую плотность, то противорѣчіе между механизмомъ Бьеркнеса и уравненіями Максвелла, т. е. величина добавочнаго члена, понизится за предѣлъ замѣтнаго въ нашемъ опытѣ. Но могло бы оказаться также, что этотъ добавочный членъ Бьеркнеса къ Максвелловымъ уравненіямъ остается незамѣтнымъ не потому, что плотность эѳира очень велика, но что онъ вообще равенъ нулю [2]). Послѣднее было бы дѣйствительно тогда, если бы сдѣланное Бьеркнесомъ предположеніе о непрерывномъ распредѣленіи вихрей и потоковъ въ эѳирѣ оказалось невѣрнымъ; именно это-то и имѣетъ мѣсто въ нашихъ воззрѣніяхъ, значитъ наложенія вращеній (вихрей) и потоковъ эѳира, изъ которыхъ слѣдуетъ добавочный членъ Бьеркнеса, вообще не суще-

[1]) По крайней мѣрѣ, настолько, насколько безупречно провелъ эти опыты І. Лаубъ, который собирался самъ описать ихъ въ отдѣльной работѣ. Уже самъ Бьеркнесъ произвелъ опытъ этого рода по болѣе простому въ принципѣ способу, причемъ, однако, чувствительность не могла быть слишкомъ большой; онъ также пришелъ къ отрицательнымъ результатамъ (Journal de Physique, 1909).

[2]) Эта имѣющаяся въ нашемъ умѣ возможность была уже указана въ первомъ изданіи этой рѣчи.

ствуетъ или, по крайней мѣрѣ, не существуетъ въ той формѣ, какъ это думалъ Бьеркнесъ. Въ этомъ случаѣ отрицательный результатъ упомянутыхъ опытовъ объясняется самъ собой. Мы обращаемся, поэтому, опять и уже совершенно къ картинѣ не непрерывно распредѣленныхъ въ пространствѣ эѳирныхъ вихревыхъ нитей, къ которымъ мы уже пришли, пытаясь устранить внутреннія противорѣчія картины Бьеркнеса и исходя изъ существованія элементарныхъ электрическихъ зарядовъ [1]).

Приведенная электродинамическая связь.

Поступая такимъ образомъ, мы должны попытаться расширить нашу картину настолько, чтобы она охватывала собою и электродинамику. Мы должны ввести связь между потоками и вихрями, которая отвѣчала бы дѣйствительно существующей связи между магнитными и электрическими силами. По уравненіямъ Максвелла, связь должна быть такого рода, чтобы, во-первыхъ, всякое измѣненіе силы потока въ нѣкоторомъ мѣстѣ эѳира дѣйствовало на сосѣднія части такъ, чтобы вокругъ потока, въ мѣстѣ его измѣненія, появилось вихревое кольцо (индукція) и во-вторыхъ, чтобы всякое измѣненіе силы вихря въ нѣкоторомъ мѣстѣ тотчасъ вызывало около вихря, какъ около оси, потокъ эѳира (электромагнетизмъ). Причина и слѣдствіе будутъ въ обоихъ случаяхъ между собой такъ связаны, что ихъ не только невозможно отличить другъ отъ друга, но даже можно по желанію считать причиной то или другое. Такъ, напримѣръ, существованіе замкнутаго въ кругъ вихревого кольца, безъ сопровождающаго его измѣненія силы потока, пересѣкающаго его плоскость, невоз-

[1]) Въ первомъ изданіи мы изслѣдовали только эту картину.

можно; и точно такъ же невозможенъ потокъ (который, какъ мы видѣли, можетъ быть только круговымъ, замкнутымъ) безъ происходящаго одновременно измѣненія вихря. Послѣднее вполнѣ согласно съ тѣмъ фактомъ, что магнетизмъ самъ по себѣ не существуетъ, иными словами, что всякій встрѣчающійся намъ магнетизмъ представляетъ собою электромагнетизмъ. Поэтому потоки въ эѳирѣ вообще получаются только тогда, когда измѣняются вихри и, слѣдовательно, безъ существованія вихрей невозможны. Наоборотъ, вихри возможны и безъ потоковъ (электростатика); они существуютъ, согласно составленному уже нами представленію, въ видѣ вихревыхъ нитей, являющихся необходимой принадлежностью разъ навсегда существующаго электричества. Въ негиростатическомъ (и лишенномъ тренія) эѳирѣ эѳирная нить также никогда не можетъ появиться вновь, а уже существующая—исчезнуть. Поэтому все, что можетъ происходить съ вихревыми нитями, заключается лишь въ поступательномъ движеніи уже существующихъ нитей отъ одного мѣста къ другому. При этомъ, какъ мы уже раньше указали, могутъ происходить отшнуровыванія нитей, такъ что мы, кромѣ первоначальной нити, протянутой отъ одного электрона къ другому, обратному по знаку, находимъ еще отдѣльныя части этихъ нитей, замкнутыя на себя, т. е. не имѣющія концовъ. Измѣненія электрической силы (измѣненіе вихрей) въ нѣкоторомъ мѣстѣ пространства поэтому вообще не могутъ происходить иначе, чѣмъ отъ движенія находящихся тамъ нитей; но и магнитная сила (потоки) и измѣненіе въ ея интенсивности, какъ мы только что видѣли, происходятъ только при измѣненіи вихрей, слѣдовательно также вслѣдствіе движенія существующихъ вихревыхъ нитей. Поэтому всѣ извѣстныя зависимости, отвѣчающія Максвелловымъ уравненіямъ, приводятся въ нашемъ представленіи къ движеніямъ и появляющимся

при этомъ деформаціямъ, а также къ дѣйствіямъ потока въ разъ-навсегда существующихъ нитяхъ. Предполагаемыя при этомъ таковыя дѣйствія вихревыхъ нитей заключаются въ томъ, что движущаяся поступательно вихревая нить всегда несетъ съ собой потокъ эѳира, направленный перпендикулярно къ ней самой и къ направленію ея поступательнаго движенія [1]). Мы называемъ эту связь между вихрями и потоками приведенной электродинамической связью или просто электродинамической связью, а сами потоки мы называемъ электродинамическими поперечными потоками.

Индукція.

Могло бы показаться, что эта электродинамическая связь не охватываетъ индукцію, содержащуюся въ Максвелловыхъ уравненіяхъ, напримѣръ, появленіе электрической силы вокругъ измѣняющейся по кругу магнитной силы. Несомнѣнно наши представленія не даютъ подобной индукціонной силы въ свободномъ эѳирѣ, лишь только мы его начнемъ считать негиростатическимъ, такъ какъ въ этомъ случаѣ вихри не могутъ появляться вновь. Это, однако, вовсе не указываетъ на противорѣчіе съ нашимъ опытомъ. Вѣдь дѣйствія индукціи могутъ быть наблюдаемы только на матеріальныхъ тѣлахъ (проводникахъ или діэлектрикахъ); но эти тѣла заполнены внутри уже готовыми вихрями (электрическія силы, вызываемыя атомами, мы ихъ разберемъ позже), поэтому явленіе индукціи въ этихъ тѣлахъ нужно понимать, какъ вліяніе уже готовыхъ вихрей. Эти явленія индукціи могутъ быть вполнѣ представлены, какъ дѣйствіе относительныхъ движеній (происходящихъ внутри или между атомами матеріи) электри-

[1]) Магнитное поле движущейся вихревой нити, поэтому, подобно магнитному полю линейной полоски, вырѣзанной изъ двойного магнитнаго слоя.

ческихъ зарядовъ относительно магнитнаго поля; оно заключается въ появленіи электрической силы, перпендикулярной къ направленію магнитнаго поля и поступательнаго движенія. Это дѣйствіе получается въ нашей картинѣ вслѣдствіе того, что движущіяся вмѣстѣ съ электрическими зарядами, связанныя съ ними вихревыя нити вызываютъ въ тѣхъ областяхъ эѳира, относительно которыхъ онѣ движутся, электродинамическій поперечный потокъ и этотъ поперечный потокъ, вмѣстѣ съ основнымъ потокомъ (индуцирующее поле), поскольку они оба относятся къ однимъ и тѣмъ же частямъ эѳира, стремится совпасть по направленію. Это стремленіе является непосредственнымъ результатомъ дѣйствія инерціи (стремленіе къ кратчайшему пути); отсюда слѣдуетъ, что вихревыя нити (если онѣ достаточно подвижны, какъ напримѣръ, въ проводникахъ) станутъ перпендикулярно, какъ къ направленію движенія, такъ и къ направленію магнитнаго поля, т. е. появится электрическая сила индукціи.

Важно уже здѣсь замѣтить, что потоки, при помощи которыхъ мы изображаемъ нашу картину магнитнаго поля, отнюдь не слѣдуетъ понимать, какъ теченіе всего эѳира; напротивъ, даже въ самомъ сильномъ магнитномъ полѣ, которое мы можемъ получить, только незначительная часть эѳира захватывается потокомъ, образующимъ поле. Теченіе всего эѳира привело бы нашу картину къ противорѣчію съ опытомъ, повидимому неустранимому [1]). Наше представленіе, слѣдовательно, сводится къ

[1]) Напримѣръ, нельзя было бы понять, почему индукція вызывается только относительнымъ движеніемъ проводника и магнитовъ и никогда совмѣстнымъ движеніемъ обоихъ. Явленіе аберраціи также показываетъ, что весь эѳиръ не участвуетъ въ потокѣ; кромѣ того мы не знаемъ никакихъ явленій наложенія потоковъ и вихрей. Къ трудностямъ, возникающимъ даже при отдѣльныхъ потокахъ, мы вернемся въ концѣ.

тому, что, напримѣръ, при движеніи магнитнаго стержня только тѣ части эѳира приходятъ въ совмѣстное движеніе, которыя составляютъ его поле. Линіи потока оказываются, поэтому, въ нашей картинѣ распредѣленными въ пространствѣ раздѣльно, какъ мы это приняли уже раньше для вихревыхъ нитей. Эта раздѣльность въ распредѣленіи линій потока приводитъ насъ къ представленію полной взаимной проницаемости различныхъ частей эѳира (однако, безъ представленія о неограниченной измѣняемости объема эѳира), поэтому всякая часть эѳира можетъ пройти путь, не имѣющій ничего общаго съ путями, по которымъ движутся сосѣднія части. Уже это само по себѣ требуетъ отсутствія тренія при движеніяхъ въ эѳирѣ. Мы еще разсмотримъ это представленіе проницаемаго эѳира нѣсколько подробнѣй въ концѣ.

Явленія, при которыхъ появляются члены Максвелловыхъ уравненій, эквивалентныя индукціи въ самомъ эѳирѣ, заключаются въ распространеніи и образованіи волнъ въ эѳирѣ (уже упомянутое образованіе петли силовыми линіями и послѣдующее затѣмъ отдѣленіе ея) и вообще всѣ явленія быстраго движенія электрическихъ силовыхъ линій. Чтобы и эти явленія включить въ нашу картину (при негиростатическомъ эѳирѣ), мы примемъ (сначала, не входя въ дальнѣйшее обсужденіе) за свойство вихревыхъ нитей, что, при постепенномъ ускореніи поступательнаго движенія, они достигаютъ въ концѣ концовъ скорости свѣта и ужъ затѣмъ сохраняютъ [1]) ее; одновременно съ этимъ вихревыя нити приближаются къ положенію, перпендикулярному къ направленію пере-

---

[1]) Эту предѣльную скорость мы изслѣдуемъ въ заключеніи. Дѣйствующія при ускореніи силы происходятъ, по нашему представленію, изъ продольныхъ натяженій и боковыхъ давленій нитей, которыя при скорости свѣта исчезаютъ, а вслѣдствіе этого не можетъ быть скорости, большей скорости свѣта.

мѣщенія [1]); онѣ станутъ точно перпендикулярно къ направленію движенія, когда вихревая нить достигнетъ скорости свѣта.

Инертность вихревыхъ нитей.

При развитіи скорости, а также при ускореніи силовыя линіи ведутъ себя такъ, какъ если бы онѣ обладали инертной массой. Это, однако, вовсе не новое свойство, которое мы имъ хотимъ приписать, потому что оно уже содержится въ электродинамической связи. Въ самомъ дѣлѣ, если находящаяся въ покоѣ нить придетъ въ поступательное движеніе, то при этомъ, вслѣдствіе электродинамической связи, появится электродинамическій поперечный потокъ эѳира (обладающаго массой) и это придаетъ вихревой нити свойство инертности. Эта инертность нити—ея электромагнитная масса—должна возрастать при возрастаніи скорости поступательнаго движенія нити, такъ какъ при этомъ нить приблизится къ положенію, перпендикулярному къ направленію движенія, а это увеличитъ электродинамическій поперечный потокъ. Нить ведетъ себя слѣдовательно такъ, какъ если бы она обладала зависящей отъ скорости и возрастающей вмѣстѣ съ ней массой.

Эта своеобразная инертность вихревой нити играетъ повсюду нѣкоторую роль. Каждый отдѣльный электронъ, напримѣръ, въ катодныхъ лучахъ долженъ, вслѣдствіе движущейся вмѣстѣ съ нимъ вихревой нити, обладать такой инертностью, только что указаннаго происхожденія, принадлежащей собственно не ему, а окружающей массѣ эѳира. Далѣе, всякое пространство, въ которомъ находятся вихревыя нити (электрическія силы; напри-

---

[1]) Устанавливаніе силовыхъ линій при скорости свѣта перпендикулярно къ направленію движенія—доказано изъ уравненій Максвелла Хивизайдомъ.

мѣръ, пространство, заполненное излученіемъ) должно обладать особой инертностью, особой добавочной массой, которая отсутствуетъ, если въ немъ нѣтъ вихревыхъ нитей (электрическія поля, напримѣръ, излученіе). Такъ какъ мы далѣе придемъ къ тому, что каждый атомъ матеріи представляетъ собой пространство, заполненное сильнымъ электромагнитнымъ полемъ, то мы увидимъ, что и обычная инертность матеріи, по крайней мѣрѣ отчасти, должна быть такого же электромагнитнаго происхожденія и слѣдовательно, должна зависѣть отъ скорости. Всѣ эти особенности уже выведены изъ чисто математической теоріи (образы перваго рода). Тотъ результатъ, что масса матеріальнаго тѣла вовсе не является постоянной, но зависитъ отъ скорости и другихъ обстоятельствъ, напримѣръ, отъ плотности излученія внутри него (слѣдовательно, отъ его температуры) какъ будто разрушаетъ понятіе о массѣ и вмѣстѣ съ тѣмъ всю механику Галлилея—Ньютона [1]), а также основаніе всѣхъ существующихъ образовъ второго рода. Мы, однако, видѣли, что, согласно нашимъ представленіямъ, измѣненіе массы въ указанныхъ явленіяхъ только кажущееся, такъ какъ оно происходитъ отъ увлеканія въ совмѣстное движеніе большихъ или меньшихъ массъ эѳира; наша же картина второго рода должна быть приспособлена къ тому, чтобы, охватывая эти особенныя явленія, не отрицать, однако, основного представленія о постоянствѣ массы. Въ заключеніи мы увидимъ, что, кромѣ этого, нужно принять во вниманіе также и уменьшеніе силъ съ возрастаніемъ скорости.

---

[1]) Сравни M. Planck. Ber. d. Berl. Akad. 13. juni 1907 (Annalen. Bd. 26 p. 1).

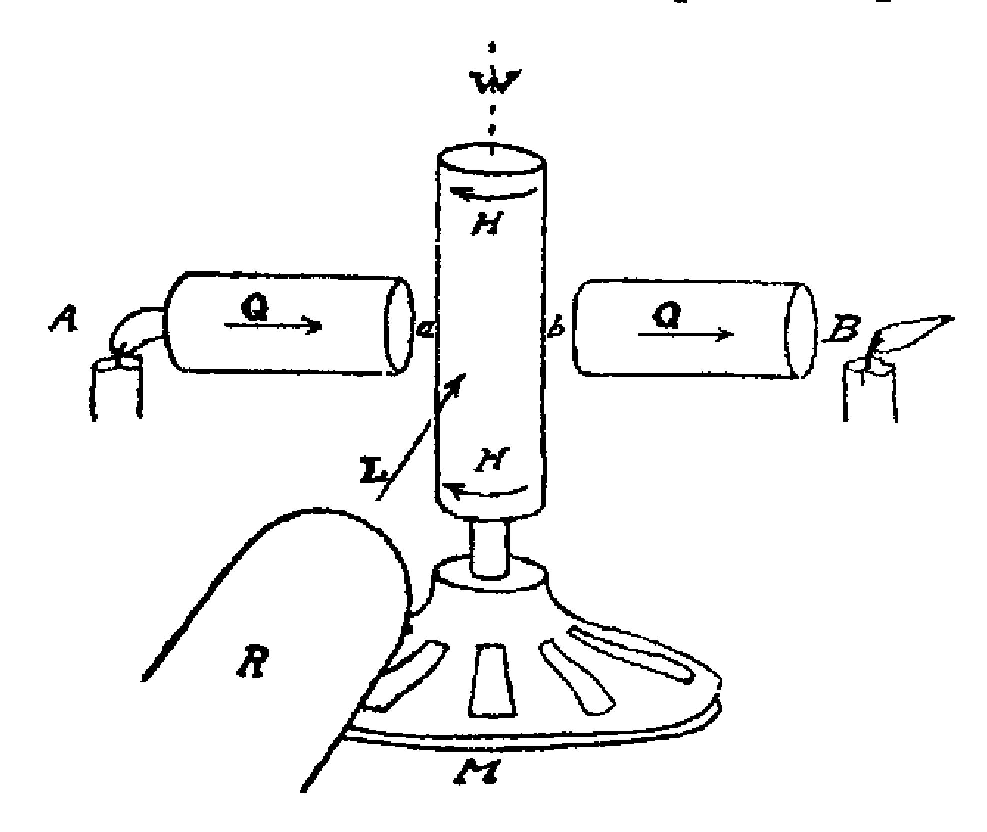
* (Механизмъ электродинамической связи).

Теперь мы можемъ заняться вопросомъ о механизмѣ приведенной электродинамической связи, играющей въ нашей картинѣ такую важную роль. Оказывается вполнѣ возможнымъ принять подобную связь, т. е. появленіе поперечныхъ теченій при движеніи вихревой нити даже при негиростатическомъ эѳирѣ, какъ чистое слѣдствіе законовъ движенія (какими они получаются въ уравненіяхъ гидродинамики, при отсутствіи тренія) и невозможности безпредѣльнаго измѣненія объема, въ примѣненіи къ массѣ эѳира. Я указываю на это потому, что мнѣ дѣйствительно удалось получить такое явленіе въ воздухѣ. Относящееся сюда явленіе уже давно извѣстно [1]), но, повидимому, отчасти забылось или, по крайней мѣрѣ, не разсматривалось въ связи съ электродинамикой. Цилиндръ *H* (сдѣланный изъ дерева и насаженный на небольшой электромоторъ) быстро вращается въ направленіи стрѣлки; онъ станетъ въ такомъ случаѣ осью воздушнаго вихря. На эту нить воздушнаго вихря изъ трубы *R* (съ помощью маленькаго вентилятора) направляется воздушный токъ *L*, что все равно, какъ если-бы вихревая нить двигалась въ неподвижномъ воздухѣ по направленію, перпендикулярному къ ней самой. Затѣмъ, съ помощью пламенъ зажженныхъ свѣчъ, находящихся у *A* и *B*, какъ показываетъ рисунокъ, мы найдемъ, что въ воздухѣ дѣйствительно появляется поперечный потокъ *Q*, дующій по направленію отъ *A* къ *B*, т. е. перпендикулярный

---

[1]) Оно было, насколько мнѣ извѣстно, впервые демонстрировано Магнусомъ (Pogg. Ann. 88. p. 1. 1853), когда онъ старался объяснить особенности вошедшихъ тогда въ употребленіе вращающихся артиллерійскихъ снарядовъ. Описанная здѣсь конструкція представляетъ собой измѣненіе конструкціи Магнуса.

къ обоимъ направленіямъ *W* и *L*. Обѣ трубки *Aa* и *Bb* служатъ лишь для того, чтобы отдѣлить этотъ воздушный потокъ отъ другихъ движеній воздуха и сдѣлать его легко доступнымъ изслѣдованію. Если движется только цилиндръ, вызывающій вихрь или существуетъ только токъ отъ вентилятора—поперечный по-



токъ не появляется. Что касается функціонирующаго при этомъ воздушнаго механизма, то уже Магнусъ понималъ его правильно. Воздухъ на одной сторонѣ вихря *b*, вслѣдствіе противоположности направленій вращающейся и текущей мимо массы воздуха, спирается и по причинѣ его ограниченной сжимаемости течетъ въ сторону къ *B*; въ то же время на другой сторонѣ *a* вращеніе и теченіе воздушнаго потока дѣйствуютъ въ одномъ направленіи, поэтому отсюда вытекало бы больше воздуха, чѣмъ притекало, если бы одновременно съ этимъ не появился потокъ *Aa* [1]).

---

[1]) Внутреннее треніе воздуха ничего не мѣняетъ въ той части явленія, которая насъ интересуетъ.

* Силѣ, вслѣдствіе которой вихрь W вызываетъ поперечный потокъ Q, соотвѣтствуетъ противоположная сила, съ которой струя воздуха дѣйствуетъ на вихрь и оттѣсняетъ его въ сторону BA [1]). Эту противодѣйствующую силу можно искать также въ нашемъ механизмѣ эѳира. Но въ то время какъ въ воздухѣ, имѣющемъ внутреннее треніе, противодѣйствующая сила существуетъ во все время движенія,—въ лишенномъ тренія эѳирѣ ее можно ожидать только при измѣненіи движенія. Явленій, связанныхъ съ появленіемъ этой силы противодѣйствія, слѣдуетъ ожидать, напримѣръ, при испусканіи эѳирныхъ волнъ или при ускореніи катодныхъ лучей.

Максвелловы уравненія и механизмъ эѳира.

Прежде чѣмъ разсматривать уравненія Максвелла съ точки зрѣнія изложенной картины эѳирныхъ вихревыхъ нитей и ихъ движеній, слѣдуетъ замѣтить, что эти уравненія отнюдь не являются уравненіями движенія эѳира; во всякомъ случаѣ, они не представляютъ собой уравненій движенія въ томъ смыслѣ, что описываютъ движенія нашего механизма. Они это выполняютъ такъ же мало, какъ, напримѣръ, уравненія состоянія газа изображаютъ движенія газовыхъ молекулъ. Электрическія и магнитныя силы, которыя даются Максвелловыми уравненіями въ видѣ функцій пространственныхъ координатъ и времени, не только не даютъ никакихъ указаній на движеніе эѳира, но онѣ вообще не имѣютъ никакого отношенія, по нашему мнѣнію, къ состоянію эѳира въ сколь угодно малыхъ мыслимыхъ элементахъ объема.

---

[1]) Эту противодѣйствующую силу можно легко демонстрировать, если, какъ это дѣлалъ уже Магнусъ, вращающійся цилиндръ подвѣсить на нити и сдѣлать его, такимъ образомъ, подвижнымъ. Именно эта сила въ связи съ выстрѣломъ интересовала его больше всего.

Если, напримѣръ, электрическая сила, соотвѣтствующая Максвелловымъ уравненіямъ, въ нѣкоторомъ опредѣленномъ мѣстѣ пространства, въ опредѣленный моментъ имѣетъ опредѣленную величину, то, по нашему мнѣнію, это значитъ лишь то, что маленькая площадка, помѣщенная въ данной точкѣ перпендикулярно къ направленію электрической силы, будетъ пересѣкаться перпендикулярными къ ней эѳирными вихревыми нитями, число которыхъ находится въ опредѣленномъ соотношеніи съ величиной площадки. Но при этомъ площадка не должна быть сколь угодно (безконечно) малой, потому что иначе число, опредѣляющее это соотношеніе, теряетъ свою конечную величину, а вмѣстѣ и значеніе. Вѣдь, если число вихревыхъ нитей, пересѣкающихъ площадку данной величины, не велико, то уравненія Максвелла, конечно, могутъ потерять свою примѣнимость къ наблюдаемымъ явленіямъ. Сюда относятся случаи движенія отдѣльныхъ электроновъ. Уравненія (которыя до сихъ поръ примѣнялись даже въ этихъ случаяхъ) и нашъ механизмъ приводятъ въ этихъ случаяхъ къ различнымъ результатамъ. Это именно тѣ случаи, которые, какъ мы уже упомянули выше, повидимому, могутъ стать доступными наблюденію (въ катодныхъ лучахъ) и, слѣдовательно, рѣшить выборъ между механизмомъ и уравненіями и, такимъ образомъ, повести къ лучшему пониманію искомаго механизма. Сюда принадлежатъ также движенія электроновъ внутри атома. Мы разсмотримъ это послѣ и тогда же упомянемъ о нѣкоторыхъ недавно подчиненныхъ эксперименту явленіяхъ, относящихся къ отдѣльнымъ атомамъ, и, конечно, выходящимъ изъ рамокъ Максвелловыхъ уравненій. Въ силу того, слѣдовательно, что выводы изъ Максвелловыхъ уравненій не могутъ быть непосредственно отнесены къ движеніямъ эѳира, а также не во всѣхъ случаяхъ оказываются вѣрными, нѣтъ ника-

кого противорѣчія въ томъ, что эти уравненія вовсе не являются уравненіями механики и что, однако, существуетъ механизмъ, вызывающій эти явленія. Уравненія устанавливаютъ въ такомъ случаѣ только тѣ черты механизма (и только тѣ), которыя становятся замѣтными только при участіи очень большого числа электроновъ.

Мы оставляемъ на нѣкоторое время эѳиръ и обращаемся еще разъ къ матеріи, чтобы привести нѣкоторые результаты работъ послѣднихъ 15 лѣтъ объ атомѣ матеріи; эти результаты уже теперь занимаютъ видное мѣсто въ картинѣ міра естествоиспытателя; мы ихъ уже касались въ предыдущемъ и даже пользовались ими. Мы имѣемъ уже право говорить о величинѣ атома, этого строительнаго элемента всякой матеріи, въ изученіи группировокъ котораго заключается химія. Это относится собственно не столько къ индивидуальнымъ величинамъ различныхъ атомовъ, такъ хорошо извѣстныхъ намъ, сколько къ средней величинѣ атома вообще. Всѣ разнообразные пути привели къ тому результату, что его величина круглымъ счетомъ равна нѣсколькимъ десятимилліоннымъ долямъ миллиметра. Внутри шара приблизительнотакогодіаметра находится слѣдовательно все, что принадлежитъ именно данному атому. Конечно, пространства, занимаемыя отдѣльными атомами, въ которыя другіе атомы обычно не проникаютъ, очень малы; однако, и въ этихъ малыхъ атомныхъ пространствахъ еще возможно различить подробности, что 17 лѣтъ тому назадъ считали едва возможнымъ, такъ какъ для этого не видѣли никакого пути.

Но всякое явленіе, на которое мы натыкаемся и которое кажется чудеснымъ и непонятнымъ, можетъ повести къ неожиданнымъ знаніямъ. Такими явленіями уже довольно давно оказались электрическіе разряды

въ Плюкеровскихъ и Гейслеровскихъ трубкахъ. Въ этихъ явленіяхъ мало-по-малу на себя обратила особенное вниманіе одна часть, такъ какъ она, повидимому, управляется относительно простыми законами; именно—удивительные лучи, выходящіе изъ катода такихъ трубокъ. Однако, для естествоиспытателя явленіе имѣетъ только въ томъ случаѣ свою полную цѣну, если оно допускаетъ количественныя изслѣдованія надъ чистыми соотношеніями, свободными отъ неподчиняющихся контролю вредныхъ факторовъ. Казалось, что въ этихъ лучахъ это вполнѣ возможно, разъ они дѣйствительно представляютъ собой особый родъ лучей, которые, будучи однажды возбуждены, далѣе слѣдуютъ уже своимъ собственнымъ законамъ, какъ, напримѣръ, свѣтъ: мы можемъ свѣтъ возбудить различными, отнюдь не всегда легко понятными способами, но во всѣхъ случаяхъ онъ имѣетъ одни и тѣ же, относительно простыя, свойства. Прежде всего дѣло заключалось въ томъ, чтобы весь загадочный процессъ полученія лучей въ Гейслеровой трубкѣ—который въ самомъ дѣлѣ былъ уясненъ уже послѣ точнаго изученія лучей—отложить въ сторону и заняться изслѣдованіемъ самихъ лучей. Это оказалось возможнымъ самымъ совершеннымъ образомъ, когда лучи были выведены наружу изъ трубки, гдѣ они получились, черезъ закрытое, но прозрачное для нихъ отверстіе. Первый вопросъ заключался, конечно, въ томъ, окажутся ли эти лучи вообще способными къ самостоятельному существованію, смогутъ ли они вообще выйти. Послѣ того, какъ этотъ вопросъ былъ рѣшенъ утвердительно, можно было, не усложняя процессъ излученія, поставить любые опыты съ этими лучами и при этомъ варьировать какъ угодно условія наблюденія, нисколько не вліяя на процессъ полученія лучей.

Вмѣстѣ съ тѣмъ оказалось возможнымъ строго-количественно изучить поглощеніе этихъ лучей въ различныхъ тѣлахъ. Какъ результатъ этого изученія, былъ

полученъ законъ, заключающійся въ томъ, что поглощеніе катодныхъ лучей пропорціонально массѣ поглощающаго вещества [1]).

Это были первые успѣшно произведенные количественные опыты съ катодными лучами. Они укрѣпили, конечно, общее убѣжденіе, что въ данномъ случаѣ мы имѣемъ дѣло съ объектомъ, который не только доступенъ точному изслѣдованію, но и щедро его вознаграждаетъ, и съ этихъ поръ къ его изученію скоро обратилось большое число изслѣдователей. Жатва оказалась даже гораздо богаче, чѣмъ объ этомъ мечтали: были открыты другіе лучи, ставшіе теперь въ медицинѣ необходимыми, какъ средство для изслѣдованія; была открыта радіоактивность и радій.

Какія чудеса хранитъ природа для того изслѣдователя, который тщательно ищетъ путь къ ихъ раскрытію! Мы останавливаемся, однако, на всемъ этомъ лишь настолько, насколько это относится къ строенію атома. Изученіе катодныхъ лучей открыло новыя области знаній, вызвало новые взгляды на скрытыя явленія.

Матерія и электричество.

Прежде всего обратимся къ самому закону поглощенія. Что можетъ слѣдовать изъ того, что поглощеніе пропорціонально массѣ, а значитъ и вѣсу поглощающаго вещества? Непосредственное слѣдствіе отсюда заключается въ томъ, что все, имѣющее одинаковый вѣсъ, оказываетъ также одинаковое дѣйствіе на катодные лучи; напримѣръ, одинъ атомъ кислорода дѣйствуетъ на нихъ такъ же, какъ 16 атомовъ водорода. Самое простое заключеніе отсюда было бы то, что кислородный атомъ въ дѣйствительности представляетъ собою то же, что и 16 атомовъ водорода, но только иначе сгруппи-

---

[1]) Annalen der Physik und Chemie. 1895. Bd. 56.

рованные, или, въ болѣе общей формѣ,—что всѣ виды атомовъ, всякая матерія построены изъ одинаковыхъ составныхъ частей. Однако, это вовсе не новая мысль: пропорціональность массы и вѣса толковалась со временъ Галлилея въ томъ же смыслѣ, алхимики также поддерживали эту мысль, но съ явной неудачей: изъ атомовъ свинца они не могли получить атомы золота. Въ данномъ случаѣ мы опять близко подошли къ этой мысли, въ непосредственной связи съ вопросомъ о молекулѣ. Вѣдь всѣ матеріальныя тѣла, даже газы, относятся къ этимъ лучамъ, какъ мутная среда.

Молекулы газа замучиваютъ эѳиръ, въ которомъ они взвѣшены, какъ въ молокѣ жировыя капельки замучиваютъ воду. Если мы удалимъ изъ наблюдаемаго пространства газъ, оно станетъ прозрачнымъ, и лучи будутъ итти по прямымъ линіямъ. Слѣдовательно, отдѣльныя молекулы матеріи дѣйствуютъ на эти лучи какъ самостоятельныя препятствія (не только въ большихъ скопленіяхъ, какъ для свѣтовыхъ лучей), отклоняя ихъ съ прямого пути; поэтому мы имѣемъ въ этихъ лучахъ средство изслѣдовать молекулы и атомы матеріи, такъ сказать, по одиночкѣ. Представленіе о томъ, что всѣ виды атомовъ построены изъ одного и того же первичнаго вещества, получило особенное подтвержденіе благодаря скоро послѣдовавшему открытію радія, настоящаго химическаго элемента, который въ самомъ дѣлѣ распадается на два другихъ элемента: гелій и эманацію радія.

Въ настоящее время извѣстно уже больше дюжины такихъ распадающихся на другіе сортовъ атомовъ. Значитъ, алхимики были правы. Но превращенія происходятъ только у опредѣленныхъ, именно очень большихъ и тяжелыхъ, атомовъ, и при этомъ всегда само собой. Мы до сихъ поръ еще не въ состояніи оказать вліяніе въ ту или иную сторону на ходъ этихъ явленій. Но что же это за основное вещество, изъ кото-

раго построены всѣ атомы, котораго они содержатъ только различныя количества? Чтобы отвѣтить на это, нужно было нѣсколько больше узнать о самихъ катодныхъ лучахъ. Оказалось, что катодные лучи суть выброшенные отрицательные электроны [1]). Катодные лучи—это электричество, свободное отъ матеріи — электричество, которому въ ту пору уже привыкли придавать едва ли больше значенія, чѣмъ теоретическому вспомогательному понятію, такъ какъ всѣ поиски его, которыми занимался еще Фарадэй, были напрасны. Находили только наэлектризованныя тѣла и никогда электричество само по себѣ. Эти лучи убѣдили насъ въ реальности электричества, именно электричества отрицательнаго, такъ какъ оно оказалось въ этихъ лучахъ свободнымъ отъ матеріи. Но еще не удалось получить также и положительное электричество свободнымъ отъ матеріи [2]), хотя этимъ вопросомъ съ тѣхъ поръ много занимались. Движеніе электричества въ катодныхъ лучахъ происходитъ со скоростью, равной приблизительно $^1/_3$ скорости свѣта. Само электричество, содержащееся въ нихъ, совершенно такъ же раздѣлено на элементарные заряды или электроны, какъ это принято уже въ явленіяхъ электролиза. Эти выброшенные электроны лучей пролетаютъ сквозь газовые атомы, встрѣчающіеся имъ на пути такъ же, какъ черезъ атомы алюминія, закрывающаго окошечко трубки, въ которой они образуются. Простымъ расчетомъ можно убѣдиться, что они на своемъ пути черезъ матерію пользуются не только пространствами

[1]) Этотъ результатъ былъ полученъ нѣсколькими изслѣдователями въ одновременныхъ и, насколько мнѣ извѣстно, независимыхъ работахъ (1897—1898).

[2]) Эти поиски еще не оставлены, но теперешнее состояніе знаній не обѣщаетъ никакого успѣха съ извѣстными уже средствами, если только не обратить вниманіе на то, что атомъ водорода, потерявши отрицательный электронъ, самъ становится подобнымъ положительному электрону.

между атомами. Они пронизываютъ маленькія занятыя атомами пространства и могутъ поэтому принести извѣстія изъ внутреннихъ частей атомовъ. Если теперь такой электронъ проникетъ атомъ и если онъ при этомъ не задержится атомомъ (поглощеніе), онъ отклонится отъ прямого пути и хотя выйдетъ изъ атома, но уже по измѣненному направленію; именно въ этомъ заключается упомянутая мутность матеріи по отношенію къ этимъ лучамъ. Искривленіе пути электрона при пронизываніи атома указываетъ на то, что внутри атома должно существовать необыкновенно сильное электромагнитное поле, такъ какъ на катодные лучи вліяютъ только электрическія и магнитныя силы. Мы должны, слѣдовательно, предположить внутри атома электрическіе заряды, какъ центры этого поля, а, такъ какъ атомы въ обычномъ состояніи не наэлектризованы, то въ каждомъ атомѣ должно быть одинаковое количество положительнаго и отрицательнаго электричества. Мы можемъ слѣдовательно предположить, что всякій отрицательный электронъ группируется съ равнымъ себѣ количествомъ положительнаго электричества, причемъ между обоими возникаетъ поле, на которое намъ и указываютъ катодные лучи. Подобное поле, являющееся составной частью силового поля атома, я назвалъ динамидой. Каждая подобная динамида представляетъ собой, согласно составленному нами представленію, отдѣльную короткую вихревую нить, имѣющую начало и конецъ въ одномъ и томъ же атомѣ. Слѣдовательно, мы можемъ сказать, что атомы состоятъ изъ динамидъ, причемъ въ этомъ случаѣ мы имѣемъ въ виду ихъ силовое поле. Мы можемъ также сказать, что атомы составлены изъ положительнаго и отрицательнаго электричества, но въ этомъ случаѣ мы имѣемъ въ виду центры его поля—концы динамидъ [1])

---

[1]) Эти и слѣдующія дальше въ текстѣ заключенія подробно разобраны въ Annalen der Physik 1903 Bd. 12. S. 735 и f. Для удержа-

Изъ изслѣдованія поглощенія катодныхъ лучей различныхъ скоростей можно вывести заключеніе о заполненіи пространства этими центрами динамидныхъ полей, насколько они непроницаемы для электроновъ. Въ результатѣ оказалось, что это непроницаемое пространство въ атомахъ чрезвычайно мало. Въ кубическомъ метрѣ какого-нибудь вещества, даже самаго массивнаго, напримѣръ, платины, оказывается въ общемъ меньше одного кубическаго миллиметра такого непроницаемаго пространства; все же тѣло заполнено силовыми полями, вызванными электричествомъ атомовъ.

Если мы разсмотримъ отдѣльный атомъ, то окажется, что все занимаемое имъ пространство главнымъ образомъ заполнено электромагнитнымъ полемъ. Діаметръ этихъ пространствъ, отклоняющихъ катодные лучи, можно измѣрить при помощи медленныхъ лучей; они оказываются,

---

нія динамидъ вмѣстѣ въ атомѣ, въ нашей картинѣ служатъ главнымъ образомъ магнитныя силы, появляющіяся тамъ вслѣдствіе движенія динамидъ, такъ какъ электрическія силы связаны съ вихревыми нитями, и каждый электронъ имѣетъ только одну такую нить. Насколько при этомъ принимаетъ участіе тяготѣніе, сказать нельзя, такъ какъ мы не знаемъ, по какому закону оно дѣйствуетъ на такихъ малыхъ разстояніяхъ. Что касается начала тяготѣнія, то его нужно искать въ динамидахъ. Всякая динамида должна притягивать всѣ другія динамиды въ мірѣ по закону Ньютона. Электрическая сила не могла бы, поэтому, быть тяготѣніемъ, такъ какъ нити динамидъ въ атомѣ коротки и не простираются на любое разстояніе. Существующія отклоненія отъ точной пропорціональности поглощенія катодныхъ лучей массѣ поглощающаго вещества показываютъ, что динамиды въ различныхъ сортахъ атомовъ нѣсколько отличны другъ отъ друга. Это можетъ происходить отъ взаимнаго вліянія динамидъ вслѣдствіе ихъ относительнаго расположенія, а сами различія динамидъ могутъ заключаться въ различной длинѣ нитей. Эти различія динамидъ, равно какъ и упомянутая выше измѣнчивость массы матеріальныхъ тѣлъ, показываютъ, что точная пропорціональность тяготѣнія (вѣса) и массы все еще находится подъ вопросомъ и нужны новые опыты надъ приспособленными для этой цѣли системами тѣлъ.

въ самомъ дѣлѣ, по величинѣ равными нѣсколькимъ десятимилліоннымъ долямъ миллиметра, какъ и слѣдовало бы ожидать и если бы пространство атома, заполненное силовымъ полемъ, было идентично съ тѣмъ пространствомъ, которое онъ занимаетъ по отношенію къ другимъ атомамъ. Распредѣленіе силовыхъ полей внутри этого атомнаго пространства, какъ показываетъ зависимость поглощенія катодныхъ лучей отъ ихъ скорости, неравномѣрно. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ поле имѣетъ такую громадную силу, которая далеко не можетъ быть достигнута никакимъ искусственнымъ способомъ. Оно быстро убываетъ по величинѣ наружу къ границѣ пространства, занимаемаго атомомъ, дѣлаясь въ концѣ концовъ незамѣтнымъ по величинѣ. Электромагнитное поле въ нашей картинѣ заключается въ движущемся (упорядоченно) эѳирѣ, значитъ онъ заполняетъ все атомное пространство. Поэтому легкая проницаемость матеріи и эѳира, которую мы вначалѣ готовы были считать трудностью, теперь почти сама собой понятна. Часть эѳира, заключающаяся въ атомѣ, участвуетъ во всѣхъ его движеніяхъ, такъ какъ мы уже пришли къ результату, что всякое магнитное поле увлекаетъ принадлежащій его потоку эѳиръ съ собой. Незначительная мутность при самыхъ быстрыхъ катодныхъ лучахъ, показываетъ, что несмотря на огромную силу поля внутри атома, только незначительная часть всего эѳира заключается въ немъ. Такимъ образомъ, мы оказываемся въ полномъ согласіи съ заключеніемъ, выведеннымъ изъ разсмотрѣнія аберраціи.

Одинъ атомъ можетъ вліять на другой, находящійся достаточно близко отъ него, при помощи поля, находящагося на границѣ атомнаго пространства. Это тѣ силы, которыя удерживаютъ атомы въ молекулѣ и обыкновенно называются химическими; непонятныя въ прежнее время особенности этихъ химическихъ силъ, какъ, напримѣръ,

измѣнчивый характеръ валентности, главная и побочная валентность атома и остающіяся помимо этихъ валентностей свободными силы сродства, дѣлаются теперь понятными и несомнѣнно станутъ еще болѣе понятными, если согласиться на томъ, что химическія силы представляютъ собой электрическія силы [1]) вызванныя (въ видѣ эѳирныхъ нитей и соотвѣтствующихъ имъ поперечныхъ потоковъ) отдѣльными элементарными зарядами даннаго атома. Нѣкоторые изъ этихъ зарядовъ (валентные заряды), вмѣстѣ со своими вихревыми нитями, располагаются особенно удобно, другіе менѣе удобно, для дѣйствія наружу на другіе атомы. Все это соотношенія, хорошо согласующіяся съ опытомъ химика; но онѣ могутъ быть замѣчены и въ другихъ явленіяхъ; особенно благопріятныя условія для этого наступаютъ при изслѣдованіи разъединенныхъ атомовъ, вкрапленныхъ въ другой матеріалъ, какъ, напримѣръ, въ фосфорахъ; но къ этому мы еще вернемся. Точно также и молекулярныя силы, силы сцѣпленія, удерживающія, напримѣръ, вмѣстѣ атомы желѣза, оказываются электрическими силами. Теперь также становится болѣе понятнымъ долго остававшійся загадочнымъ, вытекающій изъ явленій кристаллизаціи результатъ, что молекулы производятъ другъ на друга не только притягивающія, но и вращающія силы. Мы, такимъ образомъ, развили картину атома настолько широко, насколько это намъ позволяютъ современныя знанія. Итакъ, атомы состоятъ изъ электричества обоихъ знаковъ. Самый легкій атомъ водорода содержитъ наименьшее количество положительнаго и отрицательнаго электричества, въ 200 разъ болѣе тяжелый атомъ ртути содержитъ въ 200 разъ больше электричества. Мало

---

[1]) Такъ какъ мы предполагаемъ, что электричество въ атомѣ движется, то мы должны включить сюда также и магнитныя силы.

по-малу отдѣльнымъ элементарнымъ электрическимъ зарядамъ или электронамъ даннаго атома начинаютъ приписывать опредѣленныя функціи—первая попытка разобраться во внутреннемъ строеніи атома; различаютъ излучающіе электроны (колебанія которыхъ даютъ спектральныя линіи излученія даннаго элемента), фотоэлектрическіе электроны и уже упомянутые валентные заряды. Нѣкоторые опредѣленные электроны атомовъ отдѣлимы отъ нихъ. Атомы металловъ отличаются именно тѣмъ, что отъ нихъ очень легко отдѣляются отрицательные электроны. Это какъ разъ ихъ валентные заряды, опредѣляющіе химическія силы ихъ атомовъ (когда они дѣйствуютъ согласно электроположительнымъ валентностямъ). Легкой отдѣлимостью отрицательныхъ зарядовъ отъ металлическихъ атомовъ объясняется не только химически электроположительный характеръ металловъ, но также многія ихъ физическія свойства, напримѣръ, ихъ хорошая электро- и теплопроводность. Именно такіе отдѣленные отъ металла (отъ атомовъ алюминія катода въ разрядной трубкѣ) отрицательные электроны, приведенные въ быстрое поступательное движеніе, мы изучали въ катодныхъ лучахъ. Но никогда никто не наблюдалъ положительнаго электричества отдѣленнымъ отъ атома. Напрасно искали лучей, аналогичныхъ катоднымъ, но состоящихъ изъ выброшеннаго положительнаго электричества. При этомъ находили только выброшенные атомы (канальные лучи, α—лучи радіоактивныхъ элементовъ, анодные лучи). Въ этомъ сказалось глубокое различіе между обоими электричествами, которыя раньше намъ казались только противоположными. Такъ какъ положительное и отрицательное электричество находятся на различныхъ концахъ одной и той же нити, то оказывается что каждая вихревая эѳирная нить имѣетъ оба конца непремѣнно различными по строенію.

Послѣ того, какъ мы указали, что нашъ образъ атома прекрасно согласуется со всѣмъ извѣстнымъ и что кромѣ того онъ даетъ цѣлый рядъ исходныхъ точекъ для дальнѣйшихъ изслѣдованій, мы въ нѣсколькихъ словахъ укажемъ на трудности, заключающіяся въ немъ, относящіяся главнымъ образомъ ко взаимоотношеніямъ между матеріей и эѳиромъ, т. е. электричествомъ и эѳиромъ. Трудности кажутся очень большими, но это происходитъ, какъ мнѣ думается, только потому, что здѣсь слѣдуетъ искать присутствіе важныхъ неизвѣстныхъ факторовъ, которые, разъ ихъ найдутъ, не только не разрушатъ нашъ образъ, а, наоборотъ, улучшатъ и упрочатъ его.

Строеніе атома.

Одна изъ трудностей заключается въ томъ, что мы находимся почти въ полномъ невѣдѣніи относительно положительнаго электричества, такъ какъ мы, какъ было указано, никогда не могли его изслѣдовать само по себѣ, отдѣльно отъ матеріи и отъ отрицательнаго электричества. Мы, поэтому, еще не въ состояніи сказать ничего обоснованнаго по поводу распредѣленія электричества въ атомѣ [1]. Изъ факта излученія и поглощенія свѣта атомомъ, мы съ увѣренностью можемъ заключить, что электричество, находящееся въ немъ, по крайней мѣрѣ отчасти, подвижно. При излученіи свѣта дѣло заключается въ передачѣ движенія изъ атома въ эѳиръ. При поглощеніи происходитъ какъ

---

[1]) Даже предположеніе, изъ котораго мы исходили, какъ изъ простѣйшаго возможнаго, что положительное электричество существуетъ раздѣленнымъ на такіе элементарные заряды, какъ отрицательное, совершенно выходитъ изъ предѣловъ нашего опыта; только изъ радіоактивнаго распада атомовъ мы знаемъ, что положительное электричество въ нихъ, вообще говоря, способно къ дѣленію; каждый атомъ гелія, отдѣляющійся отъ атома радія, уноситъ съ собой свою часть положительнаго электричества.

разъ обратное. Я пытался въ нѣкоторыхъ случаяхъ ближе подойти къ механизму этого обмѣна энергіи между атомомъ и окружающей средой. При этомъ, въ случаѣ фосфоресценціи, оказались интересныя особенности: въ однихъ случаяхъ (при возбужденіи фосфо́ра свѣтомъ), механизмъ оказывается распространеннымъ далеко за предѣлы атома, въ другихъ (излученіе свѣта фосфо́ромъ) онъ ограниченъ внутренними частями атома [1]). Въ описываемой здѣсь картинѣ электрическихъ силъ это можетъ быть истолковано слѣдующимъ образомъ: электроны атома, движенія которыхъ даютъ первый случай (фотоэлектроны) имѣютъ свои эѳирныя вихревыя нити, направленными наружу, въ то время, какъ во второмъ случаѣ рѣчь идетъ о тѣхъ электронахъ (излучающіе электроны), вихревыя нити которыхъ направлены ко внутреннимъ частямъ атома.

Если атомъ испускаетъ свѣтъ и, слѣдовательно, отдаетъ энергію наружу, то для того, чтобы онъ не исчерпалъ быстро свой запасъ, онъ долженъ получать, другимъ путемъ, энергію снаружи. Испусканіе свѣта требуетъ, слѣдовательно, нѣкотораго особаго возбужденія. Оказалось, что это возбужденіе во многихъ случаяхъ (внутри пламени или дуги, содержащей металлы; при фосфоресценціи и, вѣроятно, также въ канальныхъ лучахъ) связано съ отдаваніемъ и полученіемъ вновь, отрицательныхъ электроновъ атомомъ; отсюда понятно, что атомы металловъ, напримѣръ находящіеся въ пламени, особенно приспособлены къ тому, чтобы приходить въ свѣченіе, т. е. испускать излученія, свойственныя ихъ спектральнымъ линіямъ. Не только при свѣтовомъ излученіи, но и вообще у обыкновенныхъ атомовъ процессъ заключается только въ обмѣнѣ энергіи съ

---

[1]) См. Annalen der Physik 1010, Bd. 31 5671 u. f. Данное тамъ (съ надеждой на лучшую замѣну) объясненіе удовлетворяетъ меньше, чѣмъ изложенное здѣсь.

окружающей средой—попеременно въ полученіи и отдаваніи ея и никогда въ длительномъ отдаваніи. Атомы, вѣроятно, сохраняютъ свой внутренній запасъ энергіи постояннымъ и этимъ объясняется ихъ устойчивость и неприступность. Запасъ энергіи заключается не только въ электрическомъ полѣ атома. Вѣдь при незначительности пространства, занимаемаго электронами въ атомѣ, слѣдуетъ предположить, что они не находятся въ покоѣ, но движутся по замкнутымъ траэкторіямъ въ имѣющемся еще въ атомѣ свободномъ пространствѣ. Такъ, напримѣръ, въ случаѣ молекулъ желѣза въ магнитномъ стержнѣ, нѣтъ никакого сомнѣнія, что въ нихъ электричество находится въ интенсивномъ круговомъ движеніи. Вѣроятно отрицательные электроны движутся по замкнутымъ траэкторіямъ около мало подвижныхъ положительныхъ. Эти движенія сохраняются въ атомѣ продолжительное время, не уничтожаясь[1]). Здѣсь для пониманія, повидимому, встрѣчается трудность, такъ какъ извѣстно, что колеблющееся или вращающееся электричество возбуждаетъ въ эѳирѣ волны, и, значитъ, расходуетъ энергію[2]). Я думаю, однако, что и эта трудность устраняется нашимъ предположеніемъ только одной вихревой нити у каждаго электрона. Нужно только предположить, что вихревыя нити этихъ электроновъ не очень искривлены въ атомѣ, но идутъ по кратчайшему пути отъ одного электрическаго заряда къ другому. Въ этомъ случаѣ не произойдетъ никакихъ отшнуровываній отъ вихре-

---

[1]) Эта трудность особенно и по праву подчеркнута въ рѣчи В. Вина „Ueber Electronen".

[2]) Если приблизить два притягивающихся стальныхъ магнита другъ къ другу, то слѣдуетъ предположить, что круговое движеніе электричества въ ихъ молекулахъ при этомъ замедлится. Но если удалить опять оба магнита на прежнее разстояніе, то и въ круговыхъ движеніяхъ возстановится прежняя скорость; хотя въ этомъ случаѣ и произошелъ обмѣнъ энергіи съ окружающей средой, но никакого расходованія ея не было.

выхъ нитей, безъ которыхъ немыслима потеря энергіи черезъ излученіе, а значитъ, и расходованіе ея. Лишь въ томъ случаѣ, если мы будемъ исходить изъ обычнаго, но, по нашему представленію, невѣрнаго предположенія, что Максвелловы уравненія здѣсь примѣнимы, т. е., что силовое поле электрона образовано такъ же, какъ поле тѣла, заряженнаго большимъ числомъ электроновъ, мы придемъ къ результату, что въ этомъ случаѣ должно происходить отшнуровываніе, а слѣдовательно и излученіе, связанное съ потерей энергіи. Именно знаніе того, что атомы содержатъ движущееся электричество и что увлекающее съ собою энергію излученіе отсутствуетъ, мнѣ кажется особеннымъ подтвержденіемъ нашего предположенія, что съ каждымъ электрономъ связана только одна силовая линія (вихревая нить), а это указываетъ на то, что данный случай выходитъ изъ предѣловъ Максвелловыхъ уравненій.

Абсолютное и относительное движеніе.

Къ зависимости между электричествомъ и эѳиромъ могутъ быть отнесены также и тѣ факты, которые теперь соединяются подъ названіемъ принципа относительности. Этотъ принципъ заключается въ томъ, что мы никогда не будемъ въ состояніи воспринять абсолютнаго движенія въ пространствѣ; мы можемъ воспринимать только относительное перемѣщеніе тѣлъ. Движенія, которыя, напримѣръ, совершаетъ наблюдаемое нами тѣло въ комнатѣ, происходятъ относительно комнаты, которую мы считаемъ находящейся въ покоѣ. Но въ дѣйствительности комната движется вмѣстѣ съ землей въ пространствѣ, т. е. наблюдаемое нами относительное движеніе тѣла въ ней представляетъ собой только часть его дѣйствительнаго движенія. Такія различныя движенія испытываемыя однимъ и тѣмъ же тѣломъ, однако

нисколько не мѣшаютъ другъ другу. Каждое изъ этихъ движеній происходитъ точно такъ, какъ если бы другихъ не было. Такъ напримѣръ, въ равномѣрно, прямолинейно движущемся поѣздѣ желѣзной дороги всѣ движенія (напримѣръ движеніе брошеннаго тѣла) происходятъ относительно него такъ, какъ если бы поѣздъ стоялъ. Это *знаніе объ отсутствіи взаимнаго вліянія* различныхъ, налагающихся другъ на друга движеній, очень старо; уже Галлилей имъ владѣлъ; оно заключаетъ въ себѣ смыслъ извѣстнаго закона параллелограмма сложенія движеній. Именно вслѣдствіе этого отсутствія взаимнаго вліянія при наложеніи, одновременно существующихъ различныхъ движеній одного и того же тѣла, произошло то, что вся механика, статика и динамика, могла быть вполнѣ развита единственно изученіемъ наблюдаемыхъ относительныхъ движеній, такъ какъ одновременное присутствіе какихъ угодно неизвѣстныхъ слагаемыхъ движенія ничего не мѣняло въ въ наблюдаемыхъ движеніяхъ. Зато и обратно: изъ наблюдаемыхъ движеній не могутъ быть выведены никакія неизвѣстныя слагаемыя движенія, а потому оказывается, что мы не имѣемъ никакихъ средствъ что-нибудь рѣшить объ абсолютномъ движеніи или покоѣ въ пространствѣ.

При этомъ нужно замѣтить слѣдующее: если тѣло имѣетъ очень большую (не малую по сравненію со скоростью свѣта) скорость, то при этомъ можетъ оказаться замѣтнымъ разсмотрѣнное уже нами увеличеніе массы и уменьшеніе силы, о которомъ мы еще будемъ говорить; въ этомъ случаѣ прибавляемая новая ускоряющая сила уже не вызоветъ того ускоренія, какъ въ случаѣ, когда тѣло не двигалось съ такой большой скоростью.

Опыты съ катодными лучами, о которыхъ мы еще упомянемъ, непосредственно показали, что все это дѣйствительно происходитъ такъ. При большихъ скоростяхъ от-

сутствіе взаимнаго вліянія при сложеніи движеній уже не имѣетъ мѣста. Представимъ себѣ при экспериментальныхъ изслѣдованіяхъ такой случай, что измѣряющіе время часы движутся вмѣстѣ съ наблюдаемымъ тѣломъ (какъ въ нашемъ примѣрѣ поѣзда или при наблюденіяхъ надъ вращеніемъ земли), тогда измѣнятся массы и силы въ часовомъ механизмѣ. Часы станутъ отставать [1]) и, если принципъ относительности вѣренъ, въ

[1]) По сравненію съ обычнымъ, сохраняемымъ до сихъ поръ понятіемъ времени (отнесеннымъ къ идеальнымъ, неподчиняющимся никакимъ вліяніямъ, часамъ), наблюдатель сталъ бы измѣрять неправильно время. Однако было предложено измѣнить понятіе о времени такимъ образомъ, чтобы правильнымъ считать именно это время, т. е. измѣрять время на тѣхъ часахъ, которые предполагаются приведенными въ совмѣстное движеніе. Принципъ наложенія можно было бы сохранить тогда при любой скорости. За введеніе измѣненнаго понятія времени говоритъ: 1) достигаемая этимъ простота при математическомъ разсмотрѣніи (образахъ перваго рода) нѣкоторыхъ проблемъ; 2) то обстоятельство, что идеальные часы, необходимые для прежняго понятія времени, неосуществимы, такъ какъ всѣ земные часы обладаютъ перемѣнной скоростью земли, а привлеченіе внѣ земного времени противорѣчитъ основамъ, которыя, повидимому глубоко коренятся въ свойствахъ матеріальнаго міра (если только это можно сказать при такихъ недостаточныхъ знаніяхъ о тяготѣніи). Противъ введенія измѣненнаго понятія времени говоритъ то: 1) что оно затемняетъ всѣ взаимодѣйствія между эѳиромъ и матеріей (электричествомъ; непригодность принципа наложенія при большихъ скоростяхъ также представляетъ собой результатъ взаимодѣйствія), настолько, что даже понятіе объ эѳирѣ дѣлается непримѣнимымъ, а слѣдовательно всякій образъ второго рода — всякое пониманіе матеріальнаго міра, какъ механизмъ—оказывается исключеннымъ; 2) что измѣненія скорости, которымъ подвержены точки земной поверхности, не настолько велики, чтобы отъ этого наши дѣйствительные часы показали отклоненіе отъ идеальныхъ часовъ, требуемыхъ обычнымъ понятіемъ о времени, замѣтное даже тончайшему наблюденію; что, слѣдовательно, при всѣхъ произведенныхъ наблюденіяхъ незамѣтно никакой разницы между двумя измѣреніями времени; съ этимъ связана также еще и теперь существующая неувѣренность въ точности и общности принципа относительности. Въ первомъ приближеніи онъ всегда вѣренъ и охватываетъ удачно многіе факты. Однако собственно

каждомъ данномъ случаѣ какъ разъ въ такой степени, что наблюдателю, пользующемуся часами, принципъ наложенія будетъ казаться вѣрнымъ. Онъ тогда въ самомъ дѣлѣ не будетъ въ состояніи что-нибудь замѣтить о скорости, которой обладаютъ наблюдаемое имъ тѣло, его часы и онъ самъ. Но такія большія скорости большихъ массъ, какія предполагаются въ данномъ случаѣ, на которыхъ могъ бы быть собственно испытанъ принципъ относительности, конечно, недостижимы. Въ согласіи съ нашими теперешними знаніями, всякій разъ оказывается правильнымъ, что по наблюдаемому движенію мы не можемъ открыть существованія абсолютнаго движенія. Но вспомнимъ, что вся матерія разсѣяна въ эѳирѣ и движется сквозь него, тогда вполнѣ умѣстенъ вопросъ: не можемъ ли мы открыть движеніе матеріи относительно всего эѳира, который мы предполагаемъ находящимся въ покоѣ, а слѣдовательно—абсолютное движеніе матеріи въ пространствѣ; что эѳиръ не оказываетъ никакого дѣйствія на равномѣрное движеніе матеріи (электричества) въ немъ, что движеніе только сохраняется (законъ инерціи), на это мы уже указали. Чтобы открыть абсолютное движеніе, слѣдуетъ принимать во вниманіе только внутреннія движенія эѳира, т. е. оптическія или общѣе—электрическія явленія. Было произведено много опытовъ, относящихся сюда. Самый знаменитый изъ нихъ опытъ

область его примѣненія начинается только тамъ, гдѣ матеріальное тѣло или электричество движется со скоростью, близкой къ скорости свѣта, а такихъ случаевъ и теперь еще не много (въ катодныхъ случаяхъ) и они измѣряются еще не вполнѣ надежнымъ образомъ. Если-бы оказались отклоненія отъ принципа относительности, то измѣненіе понятія времени потеряло бы свою цѣну или понадобилось бы еще новое опредѣленіе его. Послѣ всего этого оказывается, что въ настоящее время, исключая математическихъ изслѣдованій, обычное, прежнее понятіе времени еще можетъ быть положено въ основу нашихъ измѣреній. При изложеніи мы пользовались исключительно имъ.

Майкельсона, такъ какъ проще всѣхъ задуманъ и тщательнѣй всѣхъ выполненъ. Опытъ имѣлъ цѣлью доказать при помощи оптическихъ приспособленій движеніе земного шара черезъ эѳиръ. Мы уже говорили, что земля движется сквозь эѳиръ, не увлекая его съ собой. Мы съ тѣмъ же удобствомъ можемъ предположить, что земля находится въ покоѣ, а эѳиръ дуетъ черезъ нашу лабораторію. Для сравненія вмѣсто эѳира возьмемъ воздухъ и вмѣсто свѣта звукъ. Если вѣтеръ дуетъ въ направленіи распространенія звука, то онъ уноситъ съ собой далѣе и звуковыя волны, онѣ бѣгутъ поэтому быстрѣй, чѣмъ если бы воздухъ находился въ покоѣ или если бы онъ двигался перпендикулярно къ направленію распространенія звука. Въ опытѣ Майкельсона дѣло заключалось въ томъ, чтобы открыть маленькое различіе во времени распространенія свѣтового луча въ зависимости отъ того, проходитъ ли онъ свой путь въ направленіи движенія земли или перпендикулярно къ нему. Для открытія подобной разности временъ особенно удобно оптическое явленіе интерференціи. Опытъ Майкельсона, такимъ образомъ, заключался въ интерференціи двухъ свѣтовыхъ лучей, изъ которыхъ одинъ шелъ параллельно, а другой перпендикулярно къ направленію движенія земли. Результатъ опыта былъ вполнѣ отрицателенъ. Не было замѣчено ни малѣйшаго вліянія движенія земли на время распространенія свѣтового луча. Такъ какъ существованіе движенія земли несомнѣнно, то этотъ отрицательный результатъ явился рѣзкимъ противорѣчіемъ. Онъ показалъ, что должны происходить очень важныя неизвѣстныя явленія при движеніи матеріи съ нѣкоторой скоростью черезъ эѳиръ. Предположеніе, которое, однако, все болѣе утверждается, почему опытъ не далъ положительнаго результата, заключается въ томъ, что можетъ быть твердое основаніе аппарата, вслѣдствіе

своего абсолютнаго движенія въ эѳирѣ, испытало деформацію такой величины, что искомое и дѣйствительно происшедшее дѣйствія сократились и слѣдовательно стали незамѣтными. Но тогда и всякое твердое тѣло при тѣхъ же условіяхъ должно испытать деформацію. Она должна заключаться въ томъ, что всякое движущееся поступательно тѣло нѣсколько сжимается по направленію движенія, такъ что шаръ при поступательномъ движеніи черезъ эѳиръ превращается въ плоскій эллипсоидъ съ короткой осью по направленію движенія. Такъ какъ пространство, занятое твердымъ тѣломъ, какъ мы видѣли, заполнено силовыми полями, то эти деформаціи должны заключаться въ измѣненіяхъ силовыхъ полей, происходящихъ при ихъ движеніи. Такія измѣненія, происходящія въ надлежащемъ смыслѣ, какъ показалъ Г. А. Лоренцъ, совмѣстимы съ Максвелловыми уравненіями, такъ что противорѣчіе оказывается въ самомъ дѣлѣ устраненнымъ, пока мы будемъ считать Максвелловы уравненія примѣнимыми въ данномъ случаѣ [1]).

Хотя, повидимому, и можно не сомнѣваться въ томъ, что твердыя тѣла испытываютъ подобныя деформаціи вслѣдствіе ихъ движенія относительно эѳира, однако эти деформаціи отнюдь не могутъ служить средствомъ, чтобы обнаружить абсолютное движеніе, такъ какъ онѣ испытываются и всѣми тѣлами, служащими для измѣренія — масштабами, которые мы приложимъ къ изслѣдуемому тѣлу, т. е. результатъ измѣренія всегда долженъ получаться отрицательнымъ. Значитъ и этотъ путь для опредѣленія абсолют-

[1]) Въ нашемъ представленіи сплющиваніе атома при поступательномъ движеніи могло бы оказаться слѣдствіемъ перехода нитей его динамидъ въ положеніе перпендикулярное къ направленію движенія.

наго движенія, слѣдуя которому мы хотѣли опираться на эѳиръ, оказался отрѣзаннымъ.

Нужно принять во вниманіе вполнѣ общее соображеніе, что всѣ наблюденія какого угодно рода, которыя мы до сихъ поръ могли производить надъ явленіями въ эѳирѣ, являются исключительно наблюденіями надъ электромагнитными полями и что наблюденія производятся съ помощью нашего собственнаго тѣла и инструментовъ, которые сами состоятъ изъ матеріи, т. е., какъ мы видѣли, изъ электромагнитныхъ полей. Но такъ какъ всѣ электромагнитные поля подвергаются одинаковому дѣйствію движенія, то мы не могли бы найти при нашихъ измѣреніяхъ, пока онѣ въ концѣ концовъ состояли бы въ сравненіи электромагнитныхъ полей, никакого вліянія на нихъ движенія. Отрицательный результатъ всѣхъ теперешнихъ опытовъ упомянутаго рода вполнѣ соотвѣтствуетъ этому. Совокупность этихъ отрицательныхъ результатовъ находитъ свое выраженіе въ принципѣ относительности, подобно тому, какъ совокупность неудачъ съ perpetuum mobile находитъ свое выраженіе въ принципѣ сохраненія энергіи. Оба закона имѣютъ ту особенность, что они допускаютъ дальнѣйшія заключенія, не требуя при этомъ обсужденія частностей явленія.

(Скорость свѣта, какъ внутренняя скорость эѳира).

Но существуетъ еще одинъ путь подойти къ абсолютному движенію. Разсмотримъ самый простой и въ то же время самый фундаментальный фактъ; движеніе одной изъ составныхъ частей атома: движеніе одного единственнаго электрона. Мы имѣетъ такіе движущіеся отрицательные электроны въ катодныхъ лучахъ. Если мы заставимъ пучекъ такихъ лучей пройти черезъ

соотвѣтственнымъ образомъ направленное силовое поле, то существующая уже скорость его электроновъ, повысится еще. Но теперь является вопросъ: насколько можно въ концѣ концовъ повысить эту скорость? Не наступитъ ли нѣкоторый предѣлъ скорости, больше котораго она ни въ какомъ случаѣ не можетъ получиться. Подобный предѣлъ скорости въ самомъ дѣлѣ слѣдуетъ ожидать, если ускоряющее дѣйствіе силы электрическаго поля на электронъ или на его вихревую нить производится при помощи внутреннихъ движеній окружающаго эѳира. Это были бы тѣ же самыя внутреннія движенія въ эѳирѣ, которыя производятъ всѣ сдвиганія силовыхъ линій, соотвѣтственно ихъ продольнымъ напряженіямъ и поперечнымъ сжатіямъ. Поэтому скорость силовыхъ линій, а слѣдовательно и ихъ концовъ—электроновъ никогда не будетъ, большей, чѣмъ скорость внутренняго движенія самого эѳира, совершенно такъ же, какъ напримѣръ воздушный шаръ, гонимый вѣтромъ, никогда не пріобрѣтетъ скорость больщую, чѣмъ скорость самаго вѣтра. Мои опыты съ катодными лучами, относящіеся къ этому вопросу и соотвѣтствующіе высказанному здѣсь, впервые поставленные, даже при очень большихъ скоростяхъ лучей, не показали ожидаемаго отсутствія въ приращеніи скорости [1]). Однако послѣ этого достигли положительныхъ результатовъ; при этомъ были примѣнены гораздо болѣе быстрые катодные лучи (β-лучи) радія и теперь уже имѣется нѣсколько законченныхъ изслѣдованій о величинѣ отставанія ускоренія при такихъ большихъ скоростяхъ [2]). Теперь получены скорости, уже очень близкія къ скорости свѣта и повидимому эта послѣдняя (или скорость того же порядка величины) уже не можетъ быть превзойдена; это крайняя скорость, которую

[1]) Annalen der Physik und Chemie 1898 Bd. 65.

[2]) Первая работа принадлежитъ В. Кауфману, 1901 г.

могутъ принять въ эѳирѣ электроны и силовыя линіи (вихревыя нити). Мы это уже констатировали, какъ общее свойство вихревыхъ нитей. Какъ въ катодныхъ лучахъ, имѣющихъ скорость свѣта, такъ и въ любомъ свѣтовомъ лучѣ (въ свободномъ эѳирѣ) мы имѣемъ дѣло съ вихревыми нитями, движущимися поступательно со скоростью свѣта и перпендикулярными къ направленію луча. Но объ этомъ мы уже говорили[1]).

Внутреннія движенія эѳира, которыя обусловливаютъ поступательное движеніе вихревыхъ нитей (а также распространеніе потоковъ, т. е. магнитныхъ силъ) происходятъ, слѣдовательно, со скоростью свѣта. Эту скорость въ свободномъ отъ силъ эѳирѣ можно было бы предположить съ безпорядочнымъ распредѣленіемъ направленій, аналогично движенію газовыхъ частицъ. Въ газахъ скорость распространенія волнъ (скорость звука) также приблизительно равна внутренней (молекулярной) скорости. Но у газовыхъ молекулъ происходятъ столкновенія, въ то время, какъ для эѳира мы пришли къ представленію о взаимной проницаемости различныхъ частей, т. е. отсутствію ихъ вліянія другъ на друга; при этомъ слѣдуетъ имѣть въ виду условіе небезграничнаго объемнаго измѣненія эѳира; оно должно быть понимаемо въ томъ смыслѣ, что число частицъ эѳира въ единицѣ объема — мы можемъ назвать его концентраціей — всегда стремится къ нѣкоторой нормальной величинѣ, такъ что увеличеніе этого числа вызываетъ выходъ частицъ, уменьшеніе вызываетъ вхожденіе частицъ. Всякая частица эѳира будетъ въ такомъ случаѣ безпрепятственно двигаться со скоростью свѣта (или со

[1]) Между обоими сортами лучей существуетъ поэтому только та разница, что въ свѣтовомъ лучѣ вихревыя нити замкнуты въ кольца и слѣдовательно не несутъ съ собой электричества, въ то время, какъ въ катодныхъ лучахъ онѣ прямолинейны и вмѣстѣ съ ихъ подвижными концами движутся отрицательные электроны.

скоростью того же порядка), пока она находится въ эѳирѣ, имѣющемъ повсюду одинаковую концентрацію (въ эѳирѣ свободномъ отъ силъ). Но лишь только эта частица эѳира достигнетъ мѣста съ измѣняющейся концентраціей эѳира, ея путь, вслѣдствіе небезграничной измѣнчивости концентраціи, вообще говоря, искривится; именно такъ, какъ если бы на эту часть эѳира дѣйствовала сила, отклоняющая ее отъ мѣстъ съ большей концентраціей, къ мѣстамъ съ меньшей концентраціей.

Если бы поэтому при движеніи частицы эѳира дѣло шло главнымь образомъ только объ общемъ измѣненіи направленія движеній, которымъ противодѣйствуетъ инерція, то эти движенія могли бы быть опредѣлены закономъ кратчайшаго пути въ обычномъ смыслѣ. Это напоминаетъ механику Гертца, въ построеніи которой, однако, большую роль играютъ твердыя связи подвижныхъ частей, отсутствующія въ нашей картинѣ. Онѣ замѣнены въ нашемъ случаѣ реакціей измѣняющейся концентраціи.

Окинемъ взоромъ еще разъ нашу картину матеріальнаго міра — эѳира и матеріи, или какъ мы можемъ наконецъ сказать, эѳира и электричества. Мы должны особенно отмѣтить то огромное скопленіе энергіи, которое заключается въ каждомъ атомѣ матеріи, вслѣдствіе громадной силы электрическихъ полей внутри него и движеній центровъ этихъ полей; мы должны отмѣтить еще гораздо большее скопленіе энергіи, которое находится въ массахъ эѳира, заполняющихъ все пространство и движущихся съ огромной скоростью свѣта. Всѣ эти скопленія энергіи обыкновенно остаются для насъ незамѣтными, такъ какъ онѣ длительно не измѣняются въ одномъ направленіи и не могутъ быть использованы. Примѣръ освобожденія энергіи изъ атомовъ — а можетъ быть и изъ эѳира — представляютъ собой необычайныя дѣйствія атома радія.

Мнѣ кажется, что я достаточно изобразилъ передъ вами картину, какъ она мнѣ лучше всего представляется, и указалъ на тѣ трудности, какія встрѣчаются при этомъ. Я думаю, что эти трудности не могутъ насъ удержать отъ того, чтобы развивать нашу картину дальше, — въ противномъ случаѣ мы должны были бы вообще отказаться отъ всякой попытки составить подобную картину и механическое пониманіе природы. Я не вѣрю, что это произойдетъ даже и тогда, когда мы для уясненія механики эѳира, должны будемъ рядомъ съ уже существующимъ эѳиромъ и его частями, ввести другой эѳиръ.

Перевелъ *В. Чулановскій.*

Взаимоотношеніе между матеріей и эѳиромъ по новѣйшимъ изслѣдованіямъ въ области электричества.

Дж. Дж. Томсона [1]).

Получивъ приглашеніе произнести рѣчь въ память Адамсона, я въ первое время не рѣшался согласиться на это. Мнѣ казалось, что читать лекцію, предназначенную для чествованія памяти великаго учителя метафизики, человѣку, который не имѣетъ ровно никакой возможности сказать что-нибудь изъ этой области, является нѣкоторой несуразностью, и только потомъ, когда я выяснилъ себѣ, въ какой мѣрѣ проф. Адамсонъ симпатизировалъ умственной дѣятельности вообще, и какъ широки были его воззрѣнія въ области метафизики, я нашелъ возможнымъ принять такое приглашеніе. Въ самомъ дѣлѣ, существуетъ часть физики, въ которой задачи оказываются аналогичными съ проблемами метафизики: какъ цѣлью послѣдней служитъ нахожденіе наипростѣйшихъ и наименьшаго числа понятій, при помощи которыхъ можно было бы охватить всѣ явленія духовнаго міра,—такъ существуетъ отрасль физики, которая занимается не столько открытіями но-

---

[1]) Рѣчь, произнесенная 4 ноября 1907 г. въ университетѣ въ Манчестерѣ.

выхъ явленій и практическимъ примѣненіемъ старыхъ, какъ обсужденіемъ такихъ представленій, при помощи которыхъ является возможность связать другъ съ другомъ столь разнообразныя по виду явленія, какъ свѣтъ, электричество, звукъ, движеніе, теплота и химическія дѣйствія. Для многихъ людей эта сторона физики является особенно привлекательной; они находятъ въ физическомъ мірѣ съ его миріадами явленій и кажущейся запутанностью проблему, которая неумолимо и безпрестанно влечетъ ихъ къ себѣ; умъ этихъ людей не можетъ мириться съ разнородностью и хаосомъ явленій, которыя мы видимъ кругомъ, и заставляетъ искать точку зрѣнія, съ которой самыя разнородныя явленія, какъ свѣтъ, теплота, электричество и химическое дѣйствіе, представляются различными проявленіями немногихъ общихъ принциповъ. Разсматривая вселенную, какъ машину, эти люди интересуются не тѣмъ, что можетъ дать эта машина, а тѣмъ, какъ она построена, и какъ она работаетъ. И если имъ для ихъ собственнаго удовлетворенія удается разрѣшить хотя бы ничтожную часть такой проблемы, они испытываютъ такую большую радость, что для нихъ вопросъ: въ чемъ же значеніе гипотезы?—является настолько же второстепеннымъ, насколько второстепененъ вопросъ: въ чемъ значеніе поэзіи, музыки и философіи?

Новѣйшія изслѣдованія въ области электричества много дали для объединенія различныхъ частей физики, и я желалъ бы въ сегодняшній вечеръ обратить Ваше вниманіе на нѣкоторые выводы, вытекающіе изъ примѣненія къ нѣкоторымъ изъ этихъ изслѣдованій принципа равенства между дѣйствіемъ и противодѣйствіемъ (третій законъ движенія Ньютона). По этому принципу полное количество движенія въ каждой обособленной системѣ, т. е. въ такой системѣ, которая не подвергнута вліянію другихъ системъ, постоянно. Такимъ

образомъ, если какая-нибудь часть такой системы пріобрѣтаетъ нѣкоторое приращеніе количества движенія, то одновременно съ этимъ другая часть этой системы должна потерять количество движенія, равное пріобрѣтенному первой. Этотъ законъ составляетъ не только основу нашей обыкновенной системы динамики, но онъ тѣсно связанъ и съ нашимъ толкованіемъ великаго принципа сохраненія энергіи, а его отрицаніе могло бы нанести значительный ущербъ этому принципу. Согласно послѣднему принципу, сумма кинетической и потенціальной энергіи въ какой-нибудь системѣ постоянна. Посмотримъ, какъ оцѣниваемъ мы кинетическую энергію. Намъ кажется, что всѣ предметы, находящіеся въ этой комнатѣ, пребываютъ въ состояніи покоя, а потому мы могли бы сказать, что кинетическая энергія ихъ равна нулю; но наблюдателю, находящемуся, напримѣръ, на Марсѣ, эти же предметы не будутъ казаться въ состояніи покоя, а, напротивъ, будутъ представляться движущимися со значительной скоростью; эта ихъ скорость зависитъ отъ скорости вращенія земли около собственной оси и отъ скорости вращенія земли около солнца. Оцѣнка кинетической энергіи съ Марса будетъ такимъ образомъ, совершенно иная, чѣмъ у насъ. И теперь возникаетъ вопросъ: принципъ сохраненія энергіи приложимъ ли для обоихъ этихъ случаевъ, или же примѣненіе его зависитъ еще отъ того, какой системой координатъ пользуемся мы для измѣренія скорости тѣлъ? Мы можемъ, однако, доказать безъ особаго труда, что если принципъ равенства дѣйствія и противодѣйствія имѣетъ мѣсто, то остается въ силѣ и принципъ сохраненія энергіи, независимо отъ тѣхъ координатныхъ осей, какими мы пользуемся для опредѣленія нашихъ скоростей; но если дѣйствіе и противодѣйствіе не равны между собою и не направлены другъ противъ друга, то и принципъ сохраненія энергіи можетъ быть примѣненъ лишь въ

томъ случаѣ, когда скорости измѣряются по отношенію къ опредѣленной координатной системѣ.

Такимъ образомъ, принципъ дѣйствія и противодѣйствія является основой механики, и система, къ которой нельзя приложить этого принципа, не можетъ быть представлена никакой механической моделью.

Изученіе явленій электричества знакомитъ насъ, между прочимъ, со случаями, когда кажется, что дѣйствіе не равно противодѣйствію. Возьмемъ для примѣра случай двухъ наэлектризованныхъ тѣлъ *A* и *B*, находящихся въ быстромъ движеніи; мы можемъ по законамъ ученія объ электричествѣ вычислить силы, которыя проявляются между этими тѣлами, и мы найдемъ, что, за исключеніемъ лишь случая, когда оба эти тѣла движутся съ одинаковой скоростью и въ одномъ направленіи, сила, съ которой дѣйствуетъ *A* на *B*, не равна и не прямо противоположна по направленію той силѣ, съ которой дѣйствуетъ *B* на *A*,—такъ что количество движенія системы, образованной изъ *A* и *B*, оказывается непостояннымъ. И если бы изъ приведеннаго примѣра мы должны были бы заключить, что тѣла, когда они наэлектризованы, не подчиняются третьему закону движенія, и что поэтому всякое механическое объясненіе силъ, возникающихъ между такими тѣлами, является невозможнымъ, то это означало бы, что мы должны отказаться вообще отъ надежды разсматривать электрическія явленія, какъ вытекающія изъ свойствъ движущейся матеріи. Къ счастью, мы не должны этого дѣлать! Мы можемъ, слѣдуя знаменитому образцу, создать новый міръ, чтобы пополнить недостатки стараго; мы можемъ предположить, что съ *A* и *B* связана другая система, хотя и невидимая, но обладающая всетаки массой, а потому и способная къ воспріятію количества движенія; если измѣняется количество движенія *A* и *B*, то то количество движенія, которое потеряло *A* и кото-

рое не перешло на *B*, сохраняется въ системѣ, находящейся въ связи съ ними; *A* и *B* вмѣстѣ съ невидимой системой образуютъ систему, которая подчинена законамъ обыкновенной механики и количество движенія которой остается постояннымъ. Въ нашихъ обыкновенныхъ наблюденіяхъ мы встрѣчаемъ случаи, которые во всѣхъ отношеніяхъ аналогичны съ только-что разсмотрѣнными. Возьмемъ, напримѣръ, случай, когда два шара *A* и *B* движутся въ сосудѣ, наполненномъ водой, *A* при своемъ движеніи, перемѣщая кругомъ себя воду, вызываетъ, между прочимъ, теченія, которыя направляются противъ *B* и измѣняютъ движеніе послѣдняго, и оба шара, находящіеся въ движеніи, какъ будто оказываютъ такимъ образомъ другъ на друга особыя силы. Эти силы были опредѣлены Кирхгофомъ; онѣ во многомъ напоминаютъ силы, которыя дѣйствуютъ между двумя движущимися электрическими зарядами, въ особенности, когда два шара движутся не съ одинаковыми скоростями и не въ одинаковомъ направленіи. Въ этомъ случаѣ силы, кажущимся образомъ возникающія между шарами, не равны между собою и не направлены прямо противоположно другъ другу.

Количество движенія двухъ шаровъ не остается постояннымъ. Если, однако, мы, вмѣсто того, чтобы исключительно заниматься шарами, обратимъ наше вниманіе и на воду, въ которой они движутся, то тогда мы найдемъ, что шары вмѣстѣ съ водой образуютъ систему, которая вполнѣ подчиняется обыкновеннымъ законамъ динамики и количество движенія которой остается постояннымъ, такъ какъ потерянная или пріобрѣтенная шарами часть количества движенія будетъ воспринята или утрачена водой. Этотъ случай представляетъ полнѣйшую аналогію съ движущимися наэлектризованными шарами, и изъ этого мы можемъ заключить, что, если у насъ есть система, количество движенія которой не-

постоянно, то отсюда отнюдь не слѣдуетъ, что третій законъ Ньютона не имѣетъ мѣста, а слѣдуетъ, что наша система не является изолированной, что она связана съ другой системой, которая можетъ воспринять часть количества движенія, потерянную первой системой, и что движеніе совокупности обѣихъ системъ вполнѣ соотвѣтствуетъ основнымъ законамъ механики.

Возвратимся къ случаю наэлектризованныхъ тѣлъ. Мы заключаемъ, что такія тѣла должны быть связаны съ какимъ-то невидимымъ универсальнымъ „нѣчто". Это „нѣчто" мы можемъ назвать эѳиромъ; мы заключаемъ, что эѳиръ долженъ обладать массой и долженъ находиться въ движеніи, когда двигаются наэлектризованныя тѣла. Итакъ, мы окружены невидимымъ міровымъ эѳиромъ, съ которымъ мы можемъ входить въ соприкосновеніе при посредствѣ наэлектризованныхъ тѣлъ; но можетъ ли это „нѣчто", этотъ эѳиръ быть приведенъ въ движеніе тѣлами не наэлектризованными? На этотъ вопросъ у насъ нѣтъ пока еще опредѣленнаго отвѣта.

Ограничимся на минуту случаемъ наэлектризованныхъ тѣлъ. То обстоятельство, что наэлектризованныя тѣла, находясь въ движеніи, приводятъ въ движеніе и нѣкоторую часть эѳира, должно вліять на кажущуюся массу этихъ тѣлъ. Это должно быть потому же, почему кажущаяся масса какого-нибудь тѣла, погруженнаго въ воду, представляется всегда больше массы того же тѣла, когда оно находится въ пустотѣ. Когда мы двигаемъ тѣло въ водѣ, то мы заставляемъ двигаться не только само тѣло, но и нѣкоторую часть окружающей его воды,—и во многихъ случаяхъ вызванное этой причиной увеличеніе кажущейся массы тѣла можетъ быть гораздо больше, чѣмъ масса самого тѣла; такъ, напримѣръ, воздушные пузыри въ водѣ кажутся намъ такими, какъ будто ихъ масса во много сотенъ разъ больше массы воздуха, заключеннаго въ нихъ.

Въ случаѣ наэлектризованныхъ тѣлъ связь между этими тѣлами мы можемъ изобразить слѣдующимъ образомъ: мы можемъ представить себѣ, что электрическія силовыя линіи, исходящія изъ этихъ заряженныхъ тѣлъ и распространяющіяся въ эѳирѣ, захватываютъ, такъ сказать, при этомъ часть этого эѳира и уносятъ при своемъ перемѣщеніи ее съ собой. По законамъ ученія объ электричествѣ мы можемъ вычислить для каждой части пространства захваченную при пронизываніи ея этими силовыми линіями массу эѳира. Результатъ таковыхъ вычисленій можно выразить очень просто. Фарадэй и Максвеллъ показали, что потенціальная энергія какого-нибудь наэлектризованнаго тѣла заключается не въ самомъ тѣлѣ, а находится въ окружающемъ это тѣло пространствѣ. Каждая часть этого пространства содержитъ въ себѣ количество энергіи, для нахожденія котораго Максвеллъ далъ очень простое выраженіе. Замѣчательно, что если мы вычислимъ массу эѳира, которая захватывается движущимися силовыми линіями въ какой-нибудь части пространства, окружающаго заряженное тѣло, то мы найдемъ ее точно пропорціональной потенціальной энергіи въ этомъ мѣстѣ, и она можетъ быть опредѣлена слѣдующимъ образомъ: если бы эта масса двигалась со скоростью свѣта, то обладала бы кинетической энергіей, которая была бы равна электростатической энергіи въ той части пространства, для которой мы вычисляемъ массу. Такимъ образомъ масса эѳира, которая захватывается наэлектризованной системой, пропорціональна электростатической потенціальной энергіи этой системы. Но такъ какъ эѳиръ приводится въ движеніе движеніями силовыхъ линій въ сторону, а не вдоль ихъ самихъ, то дѣйствительная масса эѳира, захватываемая движеніемъ, оказывается нѣсколько меньше, чѣмъ это дало бы вышеуказанное правило, за исключеніемъ того особаго случая, когда всѣ силовыя

линіи движутся перпендикулярно къ своему направленію. Ничтожная поправка на скольженіе силовыхъ линій въ эѳирѣ не вліяетъ на общій характеръ эффекта, и въ дальнѣйшемъ ради краткости я предположу массу эѳира, приведенную въ движеніе наэлектризованной системой, какъ пропорціональную потенціальной энергіи этой системы.

Итакъ, съ наэлектризованнымъ тѣломъ связано эѳирное, астральное тѣло, которое увлекается наэлектризованнымъ тѣломъ при его движеніи и увеличиваетъ кажущуюся массу послѣдняго.

Мы можемъ ожидать, что эта часть мірового вещества, которую уноситъ съ собой заряженное тѣло, обладаетъ свойствами, отличающимися отъ свойствъ обыкновенной матеріи; это невидимое вещество, конечно, не подчиняется химическому анализу, но, мы можемъ допустить, подчиняется силѣ тяготѣнія; является интереснымъ рѣшить вопросъ, не можемъ ли мы какимъ бы то ни было образомъ найти тотъ случай, когда эѳирная масса будетъ составлять замѣтную часть общей массы тѣла, и нельзя ли тогда сравнить свойства подобнаго тѣла со свойствами такихъ тѣлъ, у которыхъ эѳирная масса незначительна. Самый грубый подсчетъ показываетъ, что во всякомъ наэлектризованномъ тѣлѣ, какъ, напримѣръ, въ наэлектризованномъ шарѣ и въ заряженныхъ лейденскихъ банкахъ, эѳирная масса, которою обладаетъ это тѣло вслѣдствіе того, что оно наэлектризовано, является очень незначительной по сравненію съ истинной массой тѣла.

Вмѣсто того, чтобы разсматривать тѣло сравнительно значительной величины, перейдемъ къ атомамъ, изъ которыхъ составляются вообще тѣла, и сдѣлаемъ вѣроятное предположеніе, что эти атомы суть электрическія системы, а силы, которыя они проявляютъ, электрическаго происхожденія. Тогда количество теплоты, которое вы-

дѣляется при соединеніи между собою атомовъ различныхъ элементовъ, должно равняться уменьшенію электрической потенціальной энергіи этихъ соединяющихся другъ съ другомъ атомовъ, и это количество теплоты, согласно вышесказанному, представляетъ собою мѣру уменьшенія приставшей къ атомамъ эѳирной массы. Согласно этому воззрѣнію, эѳирная масса атомовъ уменьшается на массу, равную той, которая, двигаясь со скоростью свѣта, обладаетъ кинетическою энергіею, эквивалентною количеству теплоты, развившейся благодаря происшедшему химическому соединенію атомовъ. Какъ примѣръ, разсмотримъ химическое соединеніе, которое сопровождается наибольшимъ развитіемъ теплоты и происходитъ между самыми обыкновенными веществами, а именно, соединеніе водорода съ кислородомъ. При соединеніи водорода съ кислородомъ и образованіи одного грамма воды развивается 4.000 калорій или $16{,}8 \times 10^{10}$ эрговъ. Масса, движущаяся со скоростью 3×10^{10} см. въ сек., будетъ обладать кинетической энергіей въ $16{,}8 \times 10^{10}$ эрговъ, если величина ея равна $3{,}7 \times 10^{-10}$ гр., а потому величина уменьшенія эѳирной массы, когда водородъ соединяется съ кислородомъ и образуется 1 граммъ воды, должна быть равна $3{,}7 \times 10^{-10}$ гр. Отношеніе этого уменьшенія къ общей массѣ равно приблизительно $^1/_{3000000000}$, и оно не можетъ быть опредѣлено экспериментальнымъ путемъ; отсюда мы можемъ заключить, что попытка опредѣлить это уменьшеніе при какомъ бы то ни было химическомъ соединеніи будетъ безрезультатна.

Болѣе плодотворнымъ будетъ, кажется, случай съ радіоактивными веществами, такъ какъ количество тепла, которое выдѣляетъ радій при своихъ превращеніяхъ при равныхъ вѣсовыхъ частяхъ, является гораздо большимъ, чѣмъ теплота, выдѣляемая при соединеніи обыкновенныхъ химическихъ элементовъ.

Такъ, напримѣръ, Рōтсерфордъ находитъ, что одинъ граммъ радія за время своего существованія выдѣляетъ количество энергіи, равное $6{,}7.10^{16}$ эрг., и если это количество получается изъ электрической потенціальной энергіи атомовъ радія, то эти атомы въ одномъ граммѣ радія должны обладать, по крайней мѣрѣ, такою же потенціальной энергіею, и потому должны быть соединены съ массой эѳира, величиной отъ $^1/_8$ до $^1/_7$ миллиграмма, такъ какъ кинетическая энергія такой массы, когда она движется со скоростью свѣта, и будетъ равна $6{,}7\times10^{10}$. эрг. Изъ этого мы можемъ заключить, что въ каждомъ граммѣ радія приблизительно $^1/_8$ миллиграмма, т. е. $^1/_{8000}$ всей массы приходится на долю эѳира.

Такого рода заключенія побудили меня нѣсколько времени тому назадъ начать опыты съ радіемъ, чтобы убѣдиться, нельзя ли открыть какія-нибудь указанія на то, что нѣкоторая часть его массы состоитъ изъ необыкновеннаго вещества. Лучшій способъ изслѣдованія, который до сего времени я могъ придумать, состоитъ въ томъ, чтобы прослѣдить, будетъ ли для радія соблюдаться то же отношеніе между массой и вѣсомъ, какъ и для всякаго обыкновеннаго вещества. Если бы часть массы радія, соотвѣтствующая эѳиру, была невѣсома, то граммъ радія вѣсилъ бы меньше, чѣмъ граммъ такого вещества, въ массѣ котораго не такъ много эѳира. А отношеніе массы къ вѣсу можно найти точно, когда измѣряется время качанія маятника. Поэтому-то я и устроилъ маятникъ, чечевица котораго сдѣлана изъ радія; я установилъ его въ пустотѣ и заставилъ качаться, чтобы узнать, будетъ ли это качаніе такимъ же, какое бываетъ при маятникѣ такой же длины съ латунной или желѣзной чечевицой. Къ сожалѣнію, радія въ большомъ количествѣ получить нельзя, поэтому маятникъ съ чечевицей изъ радія былъ очень легкимъ и могъ качаться не столь продолжительное время, какъ

это бываетъ съ обыкновеннымъ тяжелымъ маятникомъ. Вслѣдствіе этого невозможно было опредѣлить очень точно время качанія, но мнѣ все-таки удалось показать, что время качанія маятника изъ радія съ точностью до $^1/_{3000}$ одинаково съ временами качанія маятника той же величины и формы, сдѣланнаго изъ латуни или желѣза. Наименьшая же разница, которую мы могли ожидать, согласно этой теоріи, равна $^1/_{8000}$; такимъ образомъ этотъ опытъ показываетъ, что если и существуетъ вообще аномалія въ отношеніи массы радія къ его вѣсу, то, во всякомъ случаѣ, она не можетъ быть во много разъ больше той, которая получается при вычисленіи выдѣленнаго радіемъ количества теплоты во время его превращенія. Съ большими маятниками значеніе отношенія между массой и вѣсомъ можно опредѣлить съ большей точностью, чѣмъ до $^1/_{8000}$; такъ, напримѣръ, три четверти вѣка тому назадъ Бессель показалъ, что отношенія между массой и вѣсомъ и у слоновой кости, и у латуни одно и то же, съ точностью, по крайней мѣрѣ, до $^1/_{100000}$, а при помощи спеціально устроенныхъ для этого приборовъ можно было бы достичь еще болѣе значительной точности.

Когда я дѣлалъ опыты съ маятникомъ изъ радія, тогда еще не была открыта тѣсная связь между количествами содержащихся въ радіоактивныхъ веществахъ урана и радія; это отношеніе между количествами урана и радія дѣлаетъ возможнымъ предположеніе, что радій происходитъ отъ урана, и что этотъ металлъ уранъ при одинаковомъ вѣсовомъ количествѣ содержитъ больше электрической потенціальной энергіи, а потому и можетъ обосновать въ эѳирѣ болѣе значительное количество своей массы, чѣмъ самъ радій. А это приводитъ насъ къ заключенію, что уранъ является болѣе удобнымъ веществомъ для производста опытовъ съ маятникомъ, чѣмъ радій, къ тому же его можно получить

въ значительно большемъ количествѣ, а въ силу этого изъ него можно сдѣлать такой маятникъ, по величинѣ и формѣ, который дастъ болѣе точные результаты. Такимъ образомъ, по моему мнѣнію, нѣтъ ничего невозможнаго опредѣлить отношеніе между массой и вѣсомъ урана съ точностью до $^1/_{250\cdot000\cdot000}$.

Если же намъ не удастся подобнымъ экспериментальнымъ путемъ доказать существованіе части массы, состоящей изъ эѳира, то въ болѣе благопріятномъ положеніи мы будемъ по отношенію къ явленію, находящемуся въ тѣсной связи съ этимъ я имѣю въ виду вліяніе, которое оказываетъ скорость какого-нибудь тѣла на его кажущуюся массу. Мы видѣли, что масса, связанная съ какою-нибудь электрическою системою, пропорціональна потенціальной энергіи этой системы. Возьмемъ самую простую изъ всѣхъ, имѣющихся у насъ электрическихъ системъ, электрическій зарядъ, сконцентрированный на маленькомъ шарикѣ. Когда такой шарикъ находится въ состояніи покоя, то линіи электрическихъ силъ распредѣлены равномѣрно вокругъ шарика. Когда силовыя линіи распредѣлены такимъ образомъ, то электрическая потенціальная энергія меньше, чѣмъ при другомъ распредѣленіи этихъ линій. Допустимъ, что шарикъ приведенъ въ быстрое движеніе; тогда электрическія силовыя линіи будутъ стремиться принять направленіе, перпендикулярное къ направленію движенія шарика, т. е. онѣ будутъ стремиться освободить переднюю и заднюю стороны шара и собраться въ серединѣ, по экватору. Такимъ образомъ увеличивается электрическая потенціальная энергія, а такъ какъ связанная съ электрическими силовыми линіями масса эѳира пропорціональна этой энергіи, то эта масса будетъ больше, когда шарикъ находится въ движеніи, чѣмъ когда онъ пребываетъ въ покоѣ. Разница оказывается ничтожно малой, пока скорость шара не при-

ближается къ скорости свѣта, но какъ только это случится, увеличеніе массы окажется очень большимъ Кауфману удалось доказать наличность такого эффекта у выдѣляемыхъ радіемъ β-лучей; β-лучи — это отрицательныя электрическія частички, извергающіяся изъ радія съ очень большой скоростью; скорость наиболѣе быстрыхъ такихъ частичекъ только на немного процентовъ меньше скорости свѣта; но вмѣстѣ съ такими частичками выбрасываются и другія, у которыхъ скорости меньшія. Кауфманъ опредѣлилъ массу различныхъ частичекъ и нашелъ, что масса получается тѣмъ большей, чѣмъ больше скорость движенія частички. Масса частичекъ, имѣющихъ наибольшую скорость, оказалась въ три раза больше массы частичекъ, у которыхъ скорость наименьшая.

Эти изслѣдованія привели, между прочимъ, къ весьма интересному заключенію, а именно, что вся масса этихъ частичекъ зависитъ только отъ электрическаго заряда, который несется ими. Согласно вышеприведенному воззрѣнію, это значитъ, что масса этихъ частичекъ происходитъ отъ эѳира, который захватывается силовыми линіями, исходящими изъ нихъ.

Если силовыя электрическія линіи захватываютъ эѳиръ, то свѣтовая волна будетъ сопровождаться движеніемъ части эѳира по направленію распространенія свѣта, такъ какъ по электромагнитной теоріи свѣтовыя волны суть волны электрической силы, движущіяся впередъ со скоростью 300.000 клм. въ секунду, и линіи электрической силы уносятъ съ собой части эѳира. Количество этой уносимой массы эѳира не трудно опредѣлить по правилу, что эта масса, если она будетъ двигаться со скоростью свѣта, будетъ обладать кинетической энергіей, равной электростатической потенціальной энергіи свѣта. Такъ какъ электростатическая энергія въ свѣтовой волнѣ составляетъ половину

всей энергіи этой волны, то изъ этого слѣдуетъ, что масса находящагося въ движеніи эѳира въ единицѣ объема равна энергіи свѣта въ этомъ объемѣ, дѣленной на квадратъ скорости свѣта. Такимъ образомъ, если какое-нибудь тѣло испускаетъ свѣтъ, то часть эѳира, захватываемаго свѣтомъ, будетъ вынесена этимъ лучеиспусканіемъ наружу; эта масса вообще чрезвычайно мала; примѣняя вышеуказанное правило, мы, напримѣръ, находимъ, что масса, какую выбрасываетъ въ теченіе одного года одинъ квадратный сантиметръ поверхности тѣла при температурѣ солнца, равна приблизительно одному миллиграмму. Можно полагать, что если часть эѳира, связанная съ тѣломъ его силовыми линіями, будетъ унесена лучеиспусканіемъ, то другая часть эѳира, не связанная съ тѣломъ, займетъ мѣсто первой. Вслѣдствіе лучеиспусканія тѣлъ, эѳиръ, ихъ окружающій, находится въ такомъ движеніи, что какъ будто на тѣлѣ имѣются и источники, и поглощатели эѳира.

Хотя дѣйствительная масса эѳира, увлекаемая свѣтовою волною, крайне мала, однако, скорость ея, которая будетъ и скоростью свѣта, настолько велика, что даже ничтожная масса даетъ значительное количество движенія. Если свѣтъ, при своемъ прохожденіи черезъ не совсѣмъ прозрачную среду, поглощается, то поглощается и соотвѣтствующее количество движенія; это количество движенія сообщается средѣ и стремится привести эту среду въ движеніе по направленію движенія свѣта; такимъ образомъ, получается впечатлѣніе, что свѣтъ производитъ давленіе на эту среду. Это давленіе, которое обозначаютъ какъ давленіе лучеиспусканія, доказано и измѣрено проф. П. А. Лебедевымъ, Никольсомъ, Гуллемъ и Пойнтингомъ. Всѣ явленія, находящіяся въ связи съ этимъ давленіемъ, можно легко объяснить на основаніи того воззрѣнія, что свѣтъ

имѣетъ количество движенія по направленію своего распространенія.

Что свѣтъ обладаетъ количествомъ движенія, если допустить, что свѣтъ есть явленіе электрическое, было выведено на основаніи нѣсколько вычурныхъ разсужденій.

По старой Ньютоновской теоріи истеченія, ясно безъ дальнѣйшаго, что такое количество движенія должно существовать, такъ какъ оно есть количество движенія частичекъ, представляющихъ собой свѣтъ. Замѣчательно, что, какъ показали новѣйшія изслѣдованія, многія свойства свѣта, о которыхъ можно было бы сказать, что они являются характерными для явленій, вытекающихъ изъ теоріи истеченія, должны соотвѣтствовать свѣту и въ томъ случаѣ, если свѣтъ есть явленіе электрическое. Я вкратцѣ укажу на одно слѣдствіе, вытекающее изъ теоріи истеченія, такъ какъ увѣренъ, что оно болѣе согласуется съ фактическимъ свойствомъ свѣта, чѣмъ то воззрѣніе, къ которому приводитъ насъ предположеніе электромагнитной теоріи въ той формѣ, въ которой она обыкновенно высказывается. По теоріи истеченія, главными агентами являются отдѣльныя мельчайшія частички, а свѣтовой лучъ состоитъ изъ множества такихъ частичекъ, причемъ, конечно, объемъ, занимаемый этими частичками, является лишь малою частью всего того объема, въ которомъ онѣ распредѣлены. Фронтовая поверхность свѣтовой волны состоитъ, такимъ образомъ, согласно этому воззрѣнію, изъ множества маленькихъ свѣтящихся пятнышекъ, которыя разсѣяны на темномъ фонѣ, фронтъ поверхности волны, такимъ образомъ, пористый и обладаетъ нѣкоторою структурою. По электромагнитной теоріи свѣта, какъ ее обыкновенно понимаютъ, принимается, что электрическая сила на всей поверхности волны одна и та же, что на этой поверхности нѣтъ свободныхъ мѣстъ, и что она не

имѣетъ структуры. Но это, однако, не является необходимою принадлежностью электромагнитной теоріи свѣта, и я думаю, что имѣются доказательства, что въ дѣйствительности фронтовая поверхность волны болѣе похожа на множество свѣтящихся пятнышекъ на темномъ фонѣ, чѣмъ на равномѣрно освѣщенную поверхность.

Я рѣшаюсь привести здѣсь одно изъ доказательствъ при освѣщеніи, въ особенности ультрафіолетовымъ свѣтомъ, металлической пластинки, изъ этой пластинки выбрасываются отрицательныя электрическія частички, и если мы опредѣлимъ число такихъ выброшенныхъ частичекъ — что сдѣлать вполнѣ возможно,—то найдемъ, что только очень незначительная часть молекулъ, на которыя попадаетъ поверхность волны свѣта, выбрасываетъ такія частички. Если бы передняя поверхность волны была вся непрерывна, то всѣ молекулы металла, подвергнувшіяся дѣйствію свѣта, находились бы въ одинаковыхъ условіяхъ, и если бы даже молекулы, какъ, напримѣръ, это имѣетъ мѣсто въ газообразномъ тѣлѣ, могли обладать очень разнообразными количествами кинетической энергіи, то все-таки такая разница нисколько не могла бы объяснить громадную несоразмѣрность между числомъ молекулъ, подвергшихся дѣйствію свѣта, и числомъ молекулъ, выбрасывающихъ изъ себя электрическія частички Но эту несоразмѣрность легко понять, если мы предположимъ, что передняя поверхность волны не непрерывна, а пористаго строенія, такъ что только небольшое число молекулъ попадаетъ подъ дѣйствіе электрическихъ силъ. Мы можемъ допустить, что свѣтъ состоитъ изъ маленькихъ поперечныхъ импульсовъ, и что волны движутся вдоль отдѣльныхъ электрическихъ силовыхъ линій, которыя распространены повсюду въ эѳирѣ, и что уменьшеніе интенсивности свѣта

при удаленіи источника происходитъ не столько отъ ослабленія отдѣльныхъ импульсовъ, сколько отъ удаленія ихъ другъ отъ друга, совершенно подобно тому, какъ въ теоріи истеченія принималось, что при распространеніи свѣта не уменьшается энергія свѣтовыхъ частичекъ, но происходитъ лишь все большее и большее разсѣяніе ихъ, отчего и получается ослабленіе интенсивности свѣта.

Представленіе, что тѣла связаны съ невидимыми массами эѳира посредствомъ линій электрическихъ силъ, имѣетъ громадное значеніе для нашихъ воззрѣній на причину силы и природу потенціальной энергіи.

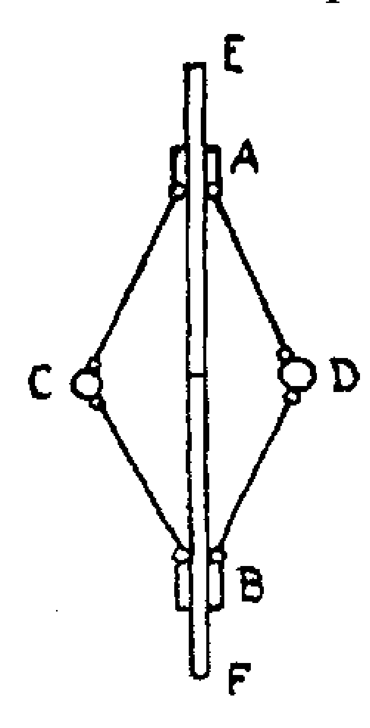
По обыкновеннымъ методамъ динамики, система тѣлъ считается обладающей кинетической энергіей, зависящей отъ скоростей составныхъ частей этой системы, и потенціальной энергіей, зависящей отъ относительнаго положенія этихъ частей. Потенціальная энергія можетъ быть различнаго рода: мы можемъ имѣть потенціальную энергію, происходящую отъ силы притяженія земли, можемъ имѣть ее отъ напряженныхъ пружинъ, отъ электрическихъ зарядовъ; существуютъ правила, по которымъ можно вычислить величину этой потенціальной энергіи для любого состоянія системъ. Зная же величину потенціальной энергіи, мы при помощи особой методы, примѣненія, такъ называемыхъ, уравненій Лагранжа можемъ опредѣлить и состояніе системы. Какъ вспомогательное средство для вычисленія и изслѣдованія, такое примѣненіе потенціальной энергіи оказываетъ огромную услугу, которую едва ли можно съ чѣмъ-нибудь сравнить. Но съ философской точки зрѣнія понятіе о потенціальной энергіи далеко не такъ удовлетворяетъ насъ, какъ понятіе о кинетической энергіи, основанія которой значительно отличаются отъ основаній потенціальной энергіи. Имѣя дѣло съ кинетическою энергіею, мы чувствуемъ, что

имѣемъ представленіе о ея количествѣ; если же намъ приходится описывать потенціальную энергію, то мы сознаемъ, что знаемъ о ней очень мало, и если на это можно возразить, что въ дѣйствительности все-таки изъ этого немногаго создана вся цѣнность знанія, то это, однако, никоимъ образомъ не можетъ удовлетворить пытливый умъ человѣка. Мы можемъ воспользоваться аналогіей изъ области коммерціи. Мы можемъ сравнить кинетическую энергію съ деньгами, которыя фактически имѣются въ кассѣ, потенціальную же — съ деньгами, которыя помѣщены въ видѣ вклада на храненіе въ банкъ. Положимъ, что кто-нибудь потерялъ изъ своего кармана деньги, которыя, однако, кѣмъ-то были найдены и помѣщены въ банкъ на имя потерявшаго. Изъ этого банка потерявшій, незнающій, гдѣ именно лежатъ деньги, можетъ во всякое время получить ихъ безъ всякой потери и прибыли. Увѣренность въ этомъ вполнѣ достаточна для торговыхъ оборотовъ, тѣмъ не менѣе врядъ ли можно допустить, что разумный и дѣловой человѣкъ, нисколько не стѣсняющійся продолжать свое дѣло, гдѣ бы ни были его деньги, только не въ собственномъ карманѣ, не будетъ постоянно пытаться узнать тайну, скрывавшую отъ него переходъ потерянной суммы изъ рукъ въ руки. Точно такъ же обстоитъ дѣло съ физикомъ и понятіемъ о различныхъ формахъ потенціальной энергіи. Физикъ чувствуетъ, что такое представленіе не просто, и у него возникаетъ вопросъ: необходимо ли, чтобы энергіи были вообще различны и не могутъ ли быть всѣ онѣ одного рода, а именно—кинетическія? Не можетъ ли превращеніе кинетической энергіи въ различные роды потенціальной состоять просто въ переходѣ кинетической энергіи изъ одной части системы, вліяющей на наши чувства, въ другую, которая не оказываетъ этого вліянія, такъ что все, что мы называемъ потен-

ціальной энергіей, въ дѣйствительности будетъ кинетической энергіей частицъ эѳира, которыя находятся въ кинетической связи съ матеріальной системой?

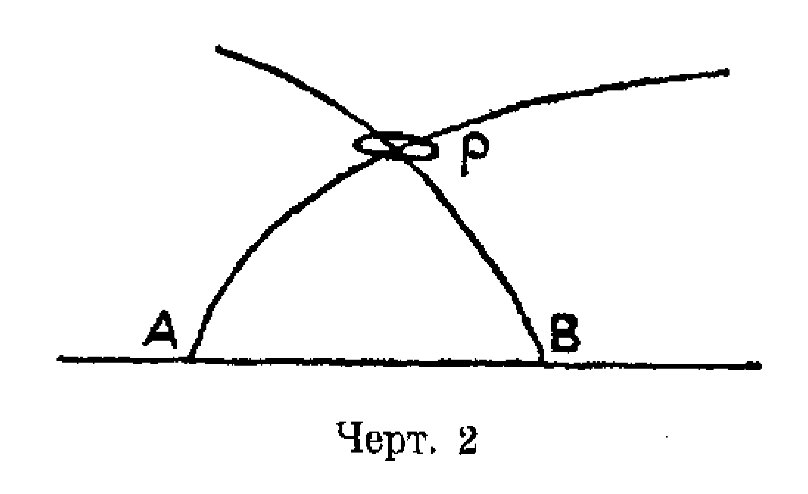
Я поясню это простымъ примѣромъ: положимъ, я беру тѣло *A* и бросаю его въ такое пространство, гдѣ на него не вліяютъ никакія силы. *A* будетъ двигаться равномѣрно по направленію прямой линіи; положимъ, что я теперь къ тѣлу *A* прикрѣпляю при помощи крѣпкой связи другое тѣло *B* и снова кидаю *A*; тѣло *A* уже не будетъ двигаться больше по прямому направленію, и скорость его не будетъ равномѣрной; напротивъ, *A* будетъ описывать всевозможныя кривыя, круги, трохоиды и т. д., и эти кривыя будутъ зависѣть отъ массы и скорости *B*. Если теперь *B* и его связь съ *A* были бы невидимы, то мы могли бы свести отклоненіе *A* отъ прямого пути къ воздѣйствію силы, а измѣненіе его кинетической энергіи къ измѣненію его потенціальной энергіи при его передвиженіи съ одного мѣста на другое. Такое заключеніе является, однако, лишь результатомъ нашихъ воззрѣній; мы разсматриваемъ *A*, какъ единственный членъ, изъ котораго состоитъ разсматриваемая система, тогда какъ на самомъ дѣлѣ *A* представляетъ только часть системы. Когда мы разсматриваемъ данную систему, какъ заключающую въ себѣ все, то мы видимъ, что эта система относится такъ, какъ будто бы она была свободна отъ вліянія внѣшнихъ силъ и кинетическая энергія ея постоянна; то, что мы при нашемъ ограниченномъ представленіи принимаемъ за потенціальную энергію *A*, при болѣе общемъ наблюденіи оказывается кинетической энергіей *B*. Прошло уже не мало лѣтъ съ тѣхъ поръ, какъ я доказалъ, что дѣйствіе какой-нибудь силы и наличность потенціальной энергіи можно разсматривать, какъ связь первичной системы со вторичными системами, а именно: кинетическая энергія этихъ вторичныхъ си-

стемъ есть потенціальная энергія первичной системы, и общая система не имѣетъ иныхъ составныхъ частей, кромѣ кинетической энергіи. Подобное воззрѣніе лежитъ въ основѣ системы механики Гертца. Разсмотримъ одну или двѣ простыя механическія системы, въ которыхъ движущаяся матерія, связанная съ этими системами, проявляетъ то же самое дѣйствіе, какъ и сила На черт. 1 *A* и *B* обозначаютъ два тѣла, прикрѣпленныя къ трубкамъ, которыя могутъ подниматься и опускаться на стержнѣ *EF*. Два шара *C* и *D* соединены съ *A* и *B* при помощи двухъ стержней и шариковъ. Если шары начнутъ вращаться около оси *EF*, то они будутъ стремиться удалиться другъ отъ друга, а по мѣрѣ того, какъ они будутъ удаляться отъ этой оси, *A* и *B* будутъ приближаться другъ къ другу. *A* и *B*, такимъ образомъ, будутъ стремиться другъ къ другу, т. е. взаимодѣйствіе между ними будетъ такое, какъ будто бы между ними дѣйствовала сила притяженія. Скорости *A* и *B* время отъ времени измѣняются, а вмѣстѣ съ тѣмъ мѣняется и ихъ кинетическая энергія; измѣненіе кинетической энергіи *A* и *B* фактически вызываетъ измѣненіе кинетической энергіи шаровъ. Если бы вращающаяся система *C* и *D* была невидима, то взаимодѣйствіе тѣлъ *A* и В пришлось бы объяснять при помощи соотвѣтствующей потенціальной энергіи ихъ. И это произошло бы отъ того, что мы разсматривали бы *A* и *B*, какъ самостоятельную систему, тогда какъ они въ дѣйствительности только части одной большой системы; когда же мы разсматриваемъ одну общую систему, мы видимъ, что она находится въ такомъ состояніи, какъ будто на



Черт 1

нее не дѣйствуетъ никакая сила, и она не обладаетъ никакой другой энергіей, кромѣ кинетической. Можетъ быть, интересно упомянуть, что подобнымъ же образомъ мы можемъ выяснить тотъ фактъ, что два тѣла притягиваются другъ къ другу съ силой, которая измѣняется обратно пропорціонально квадрату ихъ взаимнаго разстоянія. На черт. 2 *A* и *B* обозначаютъ два тѣла; положимъ, что къ нимъ прикрѣплены параболической формы проволоки, не имѣющія массы; если эти проволоки стянуты кольцомъ *P*, имѣющимъ небольшую, но конечную массу, и мы дадимъ системѣ вращеніе около *A* и *B*, то кольцо обнаружитъ стремленіе удалиться отъ оси вращенія, *A* и *B* начнутъ приближаться другъ къ другу, и тогда не трудно будетъ доказать, что законъ движенія будетъ такой, какъ будто между этими тѣлами существуетъ сила, которая измѣняется обратно-пропорціонально квадрату ихъ разстоянія.



Черт. 2

Вышеупомянутое положеніе, что потенціальная энергія какой-нибудь наэлектризованной системы равна кинетической энергіи, связанной съ системой массы эѳира, когда этотъ эѳиръ движется со скоростью свѣта, служитъ дальнѣйшимъ примѣромъ потенціальной энергіи, которая въ дѣйствительности является кинетической энергіей присоединенной системы. Все это приводитъ насъ, какъ я старался сегодня показать Вамъ, къ изученію проблемы, которая, благодаря новѣйшимъ изслѣдованіямъ, даетъ возможность заключить, что обыкновенная матеріальная система должна быть связана съ невидимыми системами, которыя обладаютъ массами,

какъ только эта матеріальная система содержитъ электрическіе заряды.

Разсматривая такимъ образомъ всякую матерію, какъ удовлетворяющую этимъ условіямъ, мы придемъ въ тому выводу, что невидимый міръ—эѳиръ—является въ большей части мастерской матеріальнаго міра, и что наблюдаемыя нами явленія природы суть образованія, сотканныя на ткацкомъ станкѣ этого невидимаго міра.

Опредѣленіе отношенія массы къ вѣсу въ случаѣ радіоактивнаго вещества [1]).

(Извлеченіе изъ статьи Л. Саутсернса, сдѣланное М. Я. Якобсономъ).

Согласно представленіямъ сэра Дж. Томсона, подробно развитымъ въ напечатанной выше статьѣ: „Взаимоотношеніе между матеріей и эѳиромъ", потенціальная энергія какой-либо системы представляетъ ничто иное, какъ кинетическую энергію эѳира, связаннаго съ этою системою. Съ каждымъ тѣломъ, заряженнымъ электричествомъ, съ каждымъ тѣломъ, обладающимъ потенціальной химической энергіей, радіоактивностью и т. п., связана эѳирная масса тѣмъ большая, чѣмъ больше потенціальная энергія данной системы. Эта эѳирная масса, по мнѣнію сэра Томсона, не можетъ никоимъ образомъ увеличить вѣсъ тѣла; слѣдовательно, масса тѣла, обладающаго большей потенціальной энергіей, т.-е. большимъ количествомъ невѣсомой эѳирной массы, должна быть больше массы тѣла, имѣющаго тотъ же вѣсъ, что и первое, но обладающаго меньшей потенціальной энергіей. Такимъ образомъ отношеніе массы къ вѣсу (величина, обратная ускоренію силы земного притяженія, g) не постоянно для всѣхъ тѣлъ, а должно быть тѣмъ больше, чѣмъ больше потенціальная энергія тѣла.

Для провѣрки этого заключенія путемъ опыта наиболѣе пригодны радіоактивныя вещества, такъ какъ они

[1]) *L. Southerns.* Proc. R. Soc. A. 84 p. 325 (1910).

обладаютъ громадной потенціальной энергіею, убывающей очень медленно: съ 1 граммомъ радія, по вычисленіямъ проф. Томсона, должна быть связана эѳирная масса по крайней мѣрѣ на $\frac{1}{13.000}$ грамма большая, чѣмъ съ какимъ-либо нерадіоактивнымъ веществомъ того же вѣса. На такую же величину должно отличаться отношеніе массы къ вѣсу радія отъ того же отношенія для равнаго по вѣсу количества неактивнаго вещества. Лучшій способъ для опредѣленія отношенія массы къ вѣсу—это наблюденіе надъ временемъ колебанія маятника. Опыты сэра Томсона съ маятникомъ, чечевица котораго была сдѣлана изъ радіевой соли, не привели къ желательному результату, такъ какъ радія въ большомъ количествѣ нельзя достать, а съ тѣмъ количествомъ, которое имѣлось налицо, маятникъ не могъ обнаруживать измѣненія въ отношеніяхъ массы къ вѣсу большія, чѣмъ $\frac{1}{3.000}$.

Сэръ Томсонъ пришелъ къ заключенію, что выгоднѣе было бы эти опыты произвести съ ураномъ, который, какъ предокъ радія, долженъ заключать въ себѣ и энергію радія, а кромѣ того онъ можетъ быть полученъ въ достаточномъ количествѣ. Такіе опыты произведены въ 1910 г., по предложенію проф. Томсона его бывшимъ ученикомъ Л. Саутсернсомъ.

Первые опыты Саутсернса, такъ же, какъ и опыты самого Томсона, были произведены по способу, который существенно не отличался отъ способа, примѣненнаго Бесселемъ съ цѣлью обнаружить разницу въ ускореніи силы тяжести для различныхъ веществъ.

Пустотѣлый алюминіевый цилиндръ при помощи проволоки прикрѣплялся къ призмѣ, ребро которой и служило осью качанія такого маятника. Употреблялись двѣ проволоки двухъ различныхъ длинъ: l_1 и l_2.

Опредѣлялись періоды колебаній получившихся та-

кимъ образомъ маятниковъ, одинъ разъ, когда алюминіевый цилиндръ былъ наполненъ сурикомъ (t_1 для проволоки l_1 и t_2 для l_2), и другой разъ, когда онъ былъ наполненъ окисью урана (t_1' и t_2'). Допуская, что къ этимъ маятникамъ примѣнима формула математическаго маятника, имѣемъ:

$$t_1^2 - t_2^2 = \frac{4\pi^2}{g}(l_1 - l_2) \text{ и } t_1'^2 - t_2'^2 = \frac{4\pi^2}{g_1}(l_1 - l_2),$$

откуда $\frac{g_1}{g} = \frac{t_1^2 - t_2^2}{t_1'^2 - t_2'^2}$.

Такимъ образомъ, изъ этихъ наблюденій прямо можно вычислить отношеніе ускореній силы тяжести $\left(g = \frac{p}{m}\right)$ для радіоактивнаго и нерадіоактивнаго вещества, а, слѣдовательно, и отношеніе обратныхъ величинъ—отношеній массы къ вѣсу.

Но на самомъ дѣлѣ описанные маятники не математическіе; поэтому приходится принять во вниманіе и ихъ размѣры, моменты инерціи и т. п. Послѣ того, какъ всѣ необходимыя поправки были введены, оказалось, что время колебанія можно было опредѣлять съ точностью не большею $\frac{1}{20000}$; слѣдовательно, отношеніе вѣса къ массѣ можно было опредѣлить лишь съ точностью до $\frac{1}{10000}$ $\left(\text{если обозначимъ } \frac{1}{g} \text{ черезъ } f, \text{ то имѣемъ } \frac{df}{f} = \frac{2dt}{t}\right)$. Причина такой малой точности (Бессель достигъ точности $\frac{1}{100000}$) заключается въ томъ, что невозможно собрать маятникъ послѣ замѣны проволокъ и вещества въ чечевицѣ точно въ такомъ видѣ, какъ онъ былъ при предыдущемъ опредѣленіи. Это заставило Саутсернса устроить новый маятникъ: къ негибкому стержню разъ навсегда были прикрѣплены въ двухъ мѣстахъ 2 призмы; переводить маятникъ съ одной призмы на другую можно было при помощи осо-

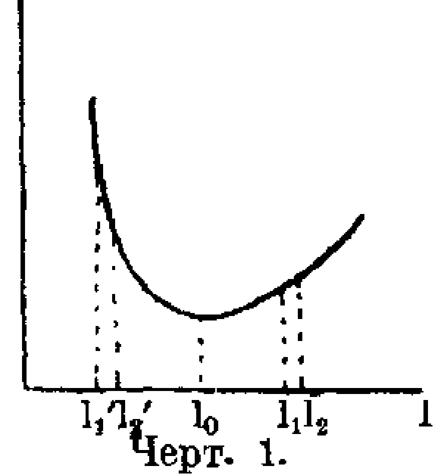
баго механизма, приводимаго въ движеніе извнѣ. Къ новому маятнику нужно было уже приложить формулы физическаго маятника. Пришлось бы тщательно опредѣлить размѣры, моменты инерціи и т. п. всѣхъ частей новаго маятника, и разсчетъ результатовъ наблюденій былъ бы весьма сложнымъ. Но Саутсернсъ придумалъ въ высшей степени остроумный исходъ, который позволилъ не только обойтись безъ указанныхъ кропотливыхъ измѣреній, но далъ, кромѣ того, возможность выразить результаты весьма просто и наглядно.

Для времени колебанія физическаго маятника мы имѣемъ формулу:

$$t = 2\pi\sqrt{\frac{J}{Mgh}} = 2\pi\sqrt{\frac{J}{Wh}},$$

гдѣ J—моментъ инерціи всей системы относительно оси вращенія, h—разстояніе центра тяжести отъ этой оси, M — масса, W — вѣсъ всего маятника. Если мы станемъ передвигать вдоль стержня чечевицу маятника, заключающую внутри себя какое-нибудь вещество, или станемъ мѣнять положеніе оси качанія маятника, то мы вмѣстѣ съ тѣмъ измѣнимъ какъ J, такъ и h. Слѣдовательно, время колебанія t можно разсматривать, какъ функцію относительнаго положенія чечевицы и оси качанія. Отложимъ на оси абсциссъ разстоянія между центромъ тяжести чечевицы и осью качаній маятника (l), а на оси ординатъ—соотвѣтствующіе періоды колебаній (t). Тогда получится кривая приблизительно такого вида, какъ на черт. 1. Обозначимъ точку на стержнѣ маятника, для которой $l = l_0$, черезъ X. Помѣстимъ на стержнѣ одну ось качаній (ребро одной призмы) выше X, другую (ребро другой призмы) ниже X. Пониженіе чечевицы на стержнѣ или пониженіе ея центра тяжести, когда маятникъ качается на верхней призмѣ ($l_1 > l_0$), вызываетъ, какъ

видно изъ чертежа, увеличеніе времени колебанія (пониженіе центра тяжести чечевицы соотвѣтствуетъ увеличенію l отъ l_1 до l_2). Пониженіе центра тяжести чечевицы (увеличеніе l отъ l_1' до l_2'), когда маятникъ качается на нижней призмѣ ($l_1' < l_0$), вызываетъ, наоборотъ, уменьшеніе времени колебанія. Пусть t_1 и t_1' суть соотвѣтственно времена колебанія маятника на верхнемъ и нижнемъ подвѣсѣ при нормальномъ положеніи чечевицы, а t_2 и t_2'—соотвѣтствующіе періоды колебаній l при нѣсколько пониженномъ положеніи чечевицы. Тогда $t_2 > t_1$



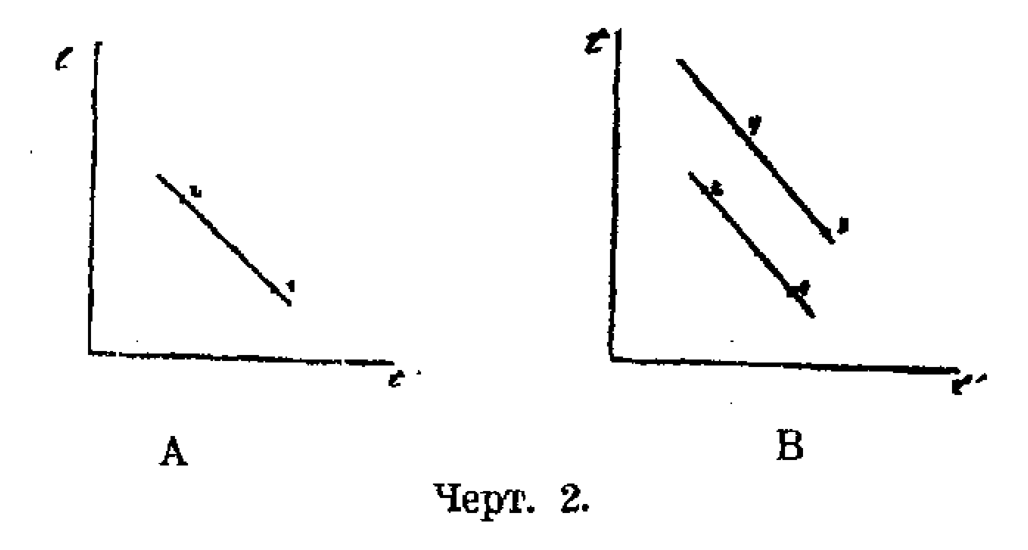
Черт. 1.

и $t_2' < t_1^1$. Примемъ за оси координатъ періоды колебаній маятника на верхнемъ и нижнемъ подвѣсѣ t и t_1. Въ такой системѣ координатъ очевидно, каждому положенію чечевицы маятника соотвѣтствуетъ одна опредѣленная точка. Такимъ образомъ, для двухъ положеній чечевицы мы получимъ, точки 1 и 2, какъ показано въ діаграммѣ А.

Точки, соотвѣтствующія положеніямъ чечевицы, промежуточнымъ между первымъ и вторымъ, должны, очевидно, лежать на прямой, соединяющей точки 1 и 2. Эту линію мы назовемъ „характеристической прямой маятника". Положимъ, что первая характеристическая прямая получена, когда чечевица была наполнена сурикомъ. Если мы теперь замѣнимъ сурикъ радіоактивной окисью урана, въ томъ же по вѣсу количествѣ (оставляя, слѣдовательно, W въ формулѣ, опред. періодъ колебаній, постояннымъ), то увеличеніе массы скажется только на моментѣ инерціи J, и, слѣдовательно, t должно во всѣхъ случаяхъ увеличиться: точка 3 (см. діаграмму В), полученная при наблюденіи качаній маятника при нормальномъ положеніи чече-

вицы, содержащей окись урана, должна лежать правѣе и выше 1-ой. Опустивъ немного чечевицу, мы получимъ точку 4 приблизительно настолько же правѣе и выше 2-ой, насколько 3-ья правѣе и выше 1-ой. Характеристическая линія маятника для радіоактивнаго вещества должна, слѣдовательно, быть приблизительно параллельной характеристической линіи для неактивнаго вещества, но лежать правѣе и выше.

Этотъ методъ, помимо своей простоты и изящества, обладаетъ двумя громадными преимуществами: во-пер-



A B

Черт. 2.

выхъ, какъ уже указано, не нужно опредѣлять размѣровъ моментовъ инерціи[1]) и т. п.; во-вторыхъ, что особенно важно, онъ освобождаетъ отъ необходимости тщательно регулировать въ вертикальномъ направленіи положеніе чечевицы и центръ тяжести ея содержимаго, ибо небольшое перемѣщеніе центра тяжести чечевицы въ вертикальномъ направленіи, какъ явствуетъ изъ сказаннаго выше, можетъ вызвать только перемѣщеніе искомой точки вдоль прямой, но никоимъ образомъ не въ сторону отъ нея. Что же касается ошибокъ отъ боковыхъ перемѣщеній центра тяжести чечевицы,

[1]) На самомъ дѣлѣ эти величины пришлось опредѣлить, но только для внесенія нѣкоторыхъ поправокъ, а потому можно было довольствоваться при ихъ измѣреніи гораздо меньшей степенью точности. *М. Я.*

то онѣ были сведены къ минимуму особымъ способомъ наполненія чечевицы.

Эти опыты Саутсернса по остроумной конструкціи приборовъ и по тщательности излѣдованія всѣхъ причинъ, могущихъ повліять на результаты, напоминаютъ лучшіе опыты классиковъ нашей науки. Отсылая читателя, интересующагося этимъ изслѣдованіемъ, а также подробностями конструкціи всего прибора, къ оригинальной статьѣ Саутсернса, сообщимъ здѣсь только самое важное изъ примѣненныхъ пріемовъ и сдѣланныхъ поправокъ.

Для исключенія ошибокъ отъ неравномѣрнаго хода часовъ, за единицу времени былъ принятъ періодъ колебаній особаго „стандартнаго" маятника. Этотъ маятникъ, сдѣланный изъ сплава „инваръ" (invar) ($64^0/_0$ Fe+$36^0/_0$ Ni), почти совершенно не подверженнаго тепловому расширенію (коэфф. расшир. $=9\times10^{-9}$), былъ помѣщенъ рядомъ съ первымъ маятникомъ въ одномъ и томъ же ящикѣ и находился, слѣдовательно, точно въ такихъ же условіяхъ. Наблюдались одновременно колебанія обоихъ маятниковъ, и опредѣлялись періоды ихъ въ часовыхъ секундахъ, и затѣмъ находили отношеніе этихъ періодовъ; часовыя секунды, такимъ образомъ, служили только переходною ступенью. Окончательно результаты выражены не въ абсолютныхъ секундахъ средняго времени, а въ единицахъ, немного отличающихся отъ нихъ, такъ какъ въ данномъ случаѣ, очевидно, величина единицы времени не играетъ никакой роли.

Для опредѣленія періодовъ колебаній маятниковъ Саутсернсъ пользовался методомъ, указаннымъ проф. Пойнтингомъ и описаннымъ Хортономъ [1]). Къ каждому маятнику были прикрѣплены два зеркала: одно оставалось неподвижнымъ при качаніяхъ маятника, другое,

[1]) Horton. Phil. Trans. A, *vol. 204.*

прикрѣпленное къ стержню его, совершало колебанія вмѣстѣ съ нимъ. Зеркало, не участвующее въ качаніяхъ, обладало двумя передвиженіями, позволявшими регулировать его положеніе; эту установку, при помощи системы рычаговъ, также можно было производить извнѣ, не открывая ящика. Маятники были помѣщены въ нишѣ такимъ образомъ, что плоскости качаній были перпендикулярны къ стѣнѣ. Когда маятникъ былъ въ покоѣ, оба зеркальца лежали въ одной плоскости, перпендикулярной плоскости качаній и́, слѣдовательно, параллельной стѣнѣ. Передъ маятниками была установлена въ горизонтальномъ положеніи гейслеровская трубка, наполненная геліемъ. При прохожденіи маятника часовъ черезъ положеніе равновѣсія (остріе его въ этотъ моментъ пересѣкало желобокъ со ртутью) замыкался первичный токъ въ катушкѣ Румкорфа, и геліевая трубка вспыхивала. При помощи помѣщеннаго за геліевой трубкой цилиндрическаго зеркала получалась рѣзкая, тонкая горизонтальная свѣтовая линія, два изображенія которой въ зеркалахъ маятника разсматривались въ трубу. Неподвижное зеркало регулировалось такъ, чтобы эти два изображенія, когда маятникъ въ покоѣ, были видны въ трубѣ на одной прямой и отчасти покрывали другъ друга. Положимъ теперь, что маятникъ пущенъ въ ходъ такимъ образомъ, чтобы трубка вспыхнула какъ разъ при первомъ его прохожденіи черезъ положеніе равновѣсія; въ трубѣ въ этотъ моментъ обѣ линіи будутъ совпадать, какъ и въ томъ случаѣ, когда маятникъ былъ въ покоѣ. Но при слѣдующемъ появленіи вспышки въ трубкѣ онѣ уже не будутъ совпадать, такъ какъ испытуемый маятникъ или уйдетъ впередъ или отстанетъ отъ маятника часовъ (смотря по соотношенію ихъ періодовъ): линія, отраженная отъ неподвижного зеркала, будетъ на прежнемъ мѣстѣ; линія же, отраженная отъ зеркала, прикрѣпленнаго къ стержню маятника, будетъ ниже или

выше ея. При дальнѣйшемъ движеніи маятника вторая линія будетъ мѣнять свое мѣсто совершенно неправильнымъ образомъ. Черезъ n секундъ, скажемъ, она появится опять вблизи неподвижной линіи; въ этотъ моментъ испытуемый маятникъ, очевидно, близокъ къ положенію равновѣсія,—ясно, что онъ за эти n секундъ совершилъ $N \pm a$ колебаній, гдѣ a маленькая дробь. Пропустимъ теперь промежутокъ времени въ n секундъ; въ $2n$'ую секунду маятникъ совершилъ всего $2N \pm 2a$ колебаній; слѣдовательно, подвижная свѣтовая линія въ этотъ моментъ должна появиться дальше отъ нулевого положенія, чѣмъ въ n'ую секунду. Продолжая наблюдать подвижную свѣтовую линію черезъ равные промежутки въ n секундъ, мы увидимъ, что она сначала все больше и больше удаляется отъ неподвижной, но затѣмъ начинаетъ опять приближаться къ ней, переходитъ на другую сторону, опять удаляется (но уже въ противоположномъ направленіи) и, достигнувъ крайняго удаленія, начинаетъ возвращаться. Черезъ P періодовъ въ n секундъ она опять подходитъ съ той же стороны къ нулевому положенію, и, предположимъ, точно совпала съ нимъ. Тогда, очевидно, маятникъ совершилъ $PN \pm 1$ колебаній; такъ какъ времени протекло Pn секундъ, то періодъ одного колебанія равенъ $\frac{Pn}{PN \pm 1}$ секундъ.

Но устроить такъ, чтобы первое прохожденіе маятника черезъ положеніе равновѣсія точно совпало съ разрядомъ трубки, севершенно невозможно. Точно также невозможно подобрать величину періода такъ, чтобы въ концѣ наблюденій имѣло мѣсто точное совпаденіе. Поэтому въ фокальной плоскости трубы была помѣщена шкала, по которой отмѣчалось, насколько дѣленій подвижная линія отстояла отъ неподвижной. Положимъ, что въ началѣ перваго періода въ n секундъ она от-

стояла на a дѣленій отъ нуля, а въ концѣ его на b дѣленій съ другой стороны; она, значитъ, перемѣстилась на $a+b$ дѣленій шкалы за одинъ періодъ въ n секундъ; до совпаденія же съ нулемъ она должна была бы перемѣститься на a дѣленій; слѣдовательно, отъ момента первой вспышки геліевой трубки до идеальнаго совпаденія свѣтовыхъ линій прошло $\frac{a}{a+b}$ часть періода (въ n секундъ). Итакъ, вмѣсто перваго періода, мы должны считать только $1-\frac{a}{a+b}$ періода, а всего, вмѣсто P періодовъ, $P\left(1-\frac{a}{a+b}\right)$. Аналогичную поправку надо ввести и для послѣдняго наблюденія, если только подвижная линія случайно не совпала съ нулемъ.

Послѣ тщательнаго анализа всѣхъ условій опыта, въ полученныхъ указаннымъ путемъ числахъ для періодовъ колебаній оказалось необходимымъ сдѣлать всего три поправки.

Несмотря на принятыя мѣры (двойныя стѣнки, промежутокъ между которыми былъ заполненъ опилками), температура въ ящикѣ, въ которомъ находились маятники, все же была подвержена нѣкоторымъ колебаніямъ. Поправка на расширеніе маятника съ двумя призмами („стандартный" маятникъ, какъ указано, былъ изъ нерасширяющагося матеріала), вводилась по слѣдующей формулѣ, понятной безъ дальнѣйшаго:

$$t_1 = 2\pi \sqrt{\frac{J(1+\alpha)^2}{Wh(1+\alpha)}} = t\sqrt{1+\alpha} = t + \frac{1}{2}\alpha t,$$

гдѣ α—средній коэффиціентъ расширенія, принятый= =0,000019.

Увеличеніе температуры воздуха производитъ дѣйствіе, противоположное дѣйствію уменьшенія давленія, а именно, оказалось, что увеличеніе температуры на 1°C равносильно паденію барометра на $\frac{76}{285}$ сантиметра. Ко-

лебаніе же давленія воздуха дѣйствуетъ слѣдующимъ образомъ·

1) мѣняется потеря въ вѣсѣ маятника,

2) мѣняется масса увлекаемаго маятникомъ воздуха, слѣдовательно, и моментъ инерціи движущейся системы,

3) мѣняется вѣсъ заключеннаго въ чечевицѣ воздуха,

4) вмѣстѣ съ этимъ мѣняется моментъ инерціи чечевицы.

Для введенія этихъ поправокъ, очевидно, необходимо знать, хотя бы приблизительно, размѣры, вѣсъ и моменты инерціи различныхъ частей маятника. Для „стандартнаго" маятника, конечно, приходится вносить только первыя двѣ изъ указанныхъ поправокъ.

Перейдемъ теперь къ результатамъ. Но раньше посмотримъ, что должны были дать опыты Саутсернса, если теорія Томсона справедлива.

Масса препарата урана, помѣщеннаго въ чечевицу маятника, равнялась 1015 граммамъ. Принявъ во вниманіе химическую формулу этого вещества ($Ur_3\ O_8$), можно найти, что имѣлось на лицо 860 граммовъ урана. Если вычесть нѣкоторыя постороннія примѣси, содержащіяся въ этомъ веществѣ, то окажется, что эти 860 граммовъ по заключенной въ нихъ энергіи соотвѣтствуютъ 806 граммамъ чистаго радія. Такъ какъ по теоріи Томсона съ каждымъ граммомъ радія соединена эѳирная масса въ $\frac{1}{13}$ миллиграмма, то эѳирная масса въ опытахъ Саутсернса должна была равняться 0.062 грамма. Прибавленіе этой невѣсомой массы должно только увеличить моментъ инерціи J въ формулѣ $t=2\pi\sqrt{\frac{J}{Wh}}$. Разстояніе центра тяжести чечевицы отъ верхней оси равнялось 139,963 см., а отъ нижней — 65,435 см. Прибавка къ J ($dJ=mr^2$) для верхней оси=1215, а для нижней=262. Изъ выраженія t получаемъ:

$$t^2=\frac{4\pi^2 J}{Wh},\ \frac{2dt}{t}=\frac{dJ}{J},\ \text{откуда}\ dt=\frac{t}{2}\frac{dJ}{J}.$$

Вставивъ для dJ указанныя числа, для t приблизительныя значенія періода колебаній для верхней оси 2,2187 сек., для нижней 2,4328 сек. и для J соотвѣтственно 34347,995 и 8777,620, получимъ для dt какъ для верхней, такъ и для нижней оси, число 0.000036 секундъ.

Теперь посмотримъ, что дали опыты. Вотъ окончательные результаты ихъ:

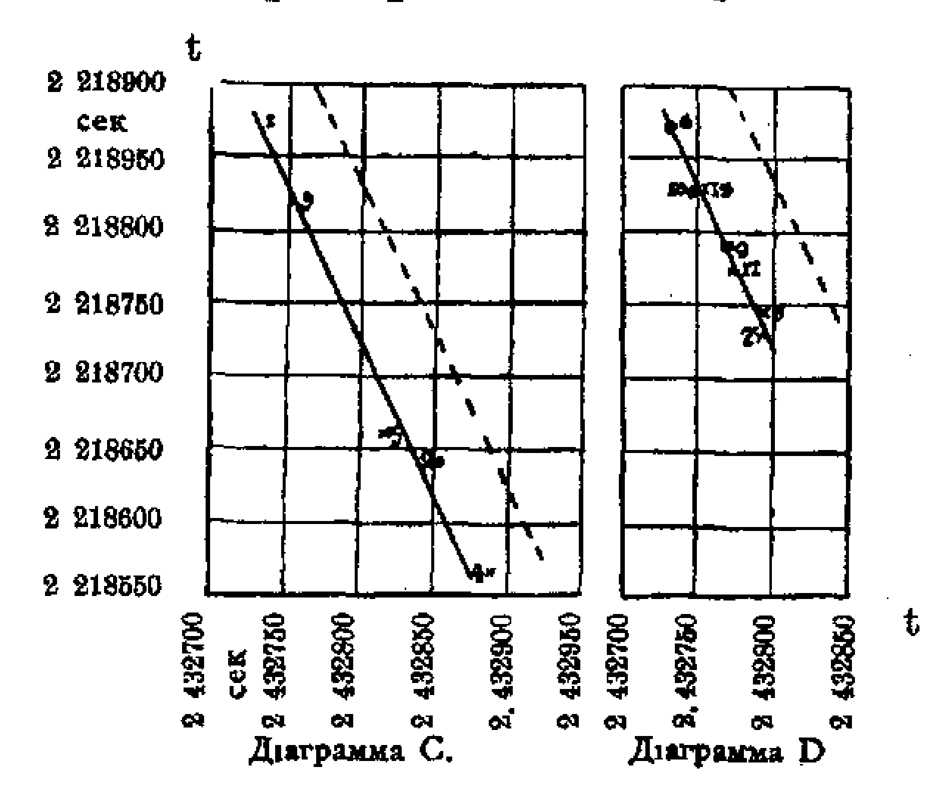
№ опыта.	Вещество въ чечевицѣ.	Положеніе чечевицы.	Періоды колебаній (послѣ всѣхъ поправокъ).	
			На верхней оси.	На нижней оси.
1	Сурикъ.	Нормальное.	2,218,874	2,432,731
2	Уранъ.	„	641	854
3	„	Пониженное.	819	751
4	Сурикъ.	Нормальное.	567	889
5	„	Пониженное.	659	816
6	Уранъ.	Нормальное.	873	732
7	Сурикъ.	„	731	792
8	„	„	745	793
9	Уранъ.	„	790	770
10	„	Пониженное.	829	748
11	Сурикъ.	Нормальное.	774	774
12	„	„	829	754

Если бы мы вычислили среднія значенія для періодовъ колебаній (относительно каждой изъ двухъ осей) съ чечевицей, содержащей сурикъ, и съ чечевицей, содержащей уранъ, то мы нашли бы, что числа для урана отличаются отъ чиселъ сурика гораздо больше, чѣмъ на 0,000036 сек.

Но не нужно забывать, что въ данныхъ результатахъ еще не исключено вліяніе случайныхъ непра-

вильностей—въ **вертикальномъ** положеніи чечевицы. Что колебанія въ найденныхъ для t значеніяхъ дѣйствительно слѣдуетъ приписать только этому обстоятельству, съ полной ясностью обнаруживаютъ слѣдующія 2 діаграммы, начерченныя согласно данной въ началѣ этой статьи теоріи. Пунктиромъ указано положеніе характеристической прямой для урана, на основаніи приведеннаго разсчета. Точки, соотвѣтствующія наблюденіямъ, сдѣланнымъ съ surикомъ, обозначены на діаграммахъ крестиками, а точки для урана кружками.

Въ діаграммѣ D наблюденныя точки еще меньше отступаютъ отъ характеристической прямой, чѣмъ въ C,



Діаграмма C. Діаграмма D

такъ какъ, начиная съ 6-го наблюденія, болѣе тщательно производилось наполненіе чечевицы, и стояла болѣе благопріятная погода. Во второй діаграммѣ значенія для t отступаютъ отъ характеристической прямой не больше, чѣмъ на $\frac{1}{400.000}$; слѣдовательно, **отношеніе массы къ вѣсу радіоактивнаго урана не можетъ отличаться отъ того же отношенія для нерадіоактивнаго сурика больше, чѣмъ**

на $\frac{1}{200.000}$, въ то время, какъ по теоріи Томсона, мы вправѣ ожидать разницу не меньшую, чѣмъ $\frac{6}{100\,000}$.

Что же слѣдуетъ изъ этого результата? Чтобы вполнѣ уяснить себѣ это, приведемъ нѣсколько строкъ изъ председательскаго обращенія проф. Томсона на съѣздѣ Британской Ассоціаціи въ Уинипегѣ въ 1909 г.: „Если эѳиръ не подверженъ дѣйствію силы тяжести, онъ, навѣрное, не можетъ увеличить вѣсъ тѣла, съ которымъ онъ соединенъ; равнымъ образомъ, если эѳиръ вѣсо́мъ мы не можемъ ожидать, чтобы вѣсъ тѣла, плавающаго въ эѳирномъ морѣ, увеличился отъ того, что съ нимъ связана бо́льшая эѳирная масса. Масса же такого тѣла должна во всякомъ случаѣ—вѣсо̀мъ ли эѳиръ или не вѣсо̀мъ—быть больше массы тѣла, имѣющаго равный вѣсъ, но отличную эѳирную массу. Опыты, достаточно чувствительные и выполненные весьма тщательно съ цѣлью подтвердить это заключеніе, дали, какъ мы видѣли, отрицательный результатъ.

Это, конечно является очень чувствительнымъ ударомъ для сторонниковъ не только теоріи Томсона, но и эѳирной теоріи вообще, такъ какъ именно теорія Томсона среди приверженцевъ эѳира пользуется наибольшею популярностью. Нельзя, однако, думать, что результаты этихъ опытовъ заставятъ приверженцевъ эѳира отказаться отъ своихъ воззрѣній: можно, конечно, пересмотрѣть теорію эѳира такъ, чтобы эти результаты получили объясненіе. Но несомнѣнно и то, что опытъ Саутсернса явится новымъ сильнымъ аргументомъ въ рукахъ противниковъ эѳира.

М. Якобсонъ.

С.П.Б. 28 февраля 1911 г.

Эѳиръ.

Нормана Кэмпбелла [1]).

---

§ 1. Существующія въ современной физикѣ воззрѣнія на „эѳиръ" ненормальны и неудовлетворительны. Судя по работамъ нѣкоторыхъ авторовъ, можно было бы подумать, что никогда это понятіе не играло болѣе важной роли и никогда не было установлено столь незыблемо, какъ теперь; напротивъ, другіе ученые совершенно отказались отъ употребленія понятія „эѳиръ" и считаютъ его даже препятствіемъ къ дальнѣйшему развитію науки. Конфликтъ мнѣній по этому вопросу носитъ немного иной характеръ, чѣмъ почти всѣ разногласія, до сихъ поръ раздѣлявшія людей науки: вопросъ, поднятый здѣсь, не принадлежитъ по существу къ тѣмъ, которые рѣшаются опытомъ, или же къ тѣмъ, которые возникаютъ при интерпретаціи опытовъ. Недовольство эѳиромъ, безъ сомнѣнія, по большей части вызвано новыми теоріями атомическаго характера лучистой энергіи и тѣмъ фактомъ, что принципъ относительности является достаточной основой для электромагнитной теоріи. Съ другой стороны ясно, что такія теоріи не являются ни достаточнымъ, ни необходимымъ условіемъ для отказа отъ установившагося понятія. Сэръ Дж. Дж. Томсонъ, авторъ первой и идущей дальше всѣхъ дру-

---

[1]) *Norman Campbell.* Phil. Mag. 19 p. 181 (1910).

гихъ атомической теорiи лучистой энергiи, посвятилъ большую часть своей предсѣдательской рѣчи на засѣданiи Британской Ассоцiацiи описанiю свойствъ эѳира. Я же надѣюсь показать, что анализъ идей столь же старыхъ, какъ элементы электростатики, можетъ привести къ глубокимъ сомнѣнiямъ относительно полезности этого понятiя. Если бы обѣ стороны высказали свои взгляды детально, то мы увидѣли бы, что разногласiе между ними затрагиваетъ скорѣе основные принципы науки, чѣмъ болѣе частные вопросы наблюденiя и интуицiи. Можетъ быть, въ томъ, что ученые питаютъ значительную вражду къ пренiямъ, касающимся существенныхъ основъ ихъ науки, и заключается причина того, что понятiе эѳира такъ мало подвергалось нападкамъ, и что такъ рѣдко приходилось его защищать. Слѣдующiя замѣчанiя, я надѣюсь, помогутъ разобрать этотъ важный вопросъ во всемъ его объемѣ [1]).

§ 2. Прежде всего намъ надо разсмотрѣть, что подразумѣвается подъ словомъ „эѳиръ“, и для чего это понятiе было когда-то введено. Почти единственное извѣстное мнѣ опредѣленiе этого понятiя принадлежитъ покойному лорду Сольсбери (Lord Salisbury), который назвалъ его „подлежащимъ для глагола „колебаться“. Непосредственно нельзя понять, почему этотъ глаголъ нуждается въ особомъ подлежащемъ, но если мы вникнемъ немного глубже въ этотъ вопросъ, то найдемъ объясненiе, которое—хотя бы на первый взглядъ—является прiемлемымъ. Принципъ сохраненiя

---

[1]) Замѣтимъ, что тѣ же соображенiя въ главныхъ чертахъ развиты авторомъ также въ его книгѣ „Modern Electrical Theory“ (Cambridge 1907) и въ статьѣ, помѣщенной въ „New Quarterly Review“ № 3. (*Примѣч. автора*).

Книга Кэмпбелла издана въ русскомъ переводѣ подъ заглавiемъ: Современная Электрическая Теорiя. Спб. 1912 г. *(Прим. ред.)*.

энергіи представляетъ, можетъ быть, единственный тезисъ, принятый всѣми физиками, какъ необходимая основа ихъ науки, и этотъ принципъ, какъ кажется на первый взглядъ, требуетъ установленія такого понятія, какъ эѳиръ. Когда тѣло излучаетъ энергію по направленію къ другому тѣлу, обладающему болѣе низкой температурой и отдѣленному отъ перваго конечнымъ разстояніемъ, то проходитъ конечный промежутокъ времени, въ теченіе котораго энергія, потерянная первымъ тѣломъ, еще не будетъ получена вторымъ; если не считать энергію совершенно пропавшей въ теченіе этого промежутка, то, повидимому, необходимо допустить, что она въ это время поглощена какимъ-то третьимъ тѣломъ, которое не является ни источникомъ энергіи, ни тѣломъ, получающимъ энергію. Это третье тѣло, тѣло, которое является передатчикомъ энергіи свѣтовыхъ колебаній, и есть эѳиръ.

Развитіе электромагнитной теоріи свѣта привело къ увѣренности, что лучистая энергія по своей природѣ не отличается существенно отъ той энергіи, которая сосредоточена вокругъ наэлектризованнаго тѣла, находящагося въ покоѣ или въ движеніи. Эѳиръ поэтому разсматривается, какъ передатчикъ не только лучистой энергіи, но всѣхъ вообще видовъ электромагнитной энергіи, и мы можемъ его просто опредѣлить, какъ „тѣло, въ которомъ сосредоточена электромагнитная энергія“.

Конечно, такое грубое опредѣленіе не удовлетворитъ многихъ, но для нашей цѣли оно достаточно, ибо оно настойчиво привлекаетъ вниманіе къ тѣмъ особенностямъ понятія „эѳиръ“, которыя обыкновенно ему приписываютъ; а разсмотрѣть эти особенности и является въ настоящее время моей задачей.

§ 3. Опредѣленіе, очевидно, не есть теорема и не можетъ быть ни вѣрнымъ, ни невѣрнымъ. Какое бы ни

принять опредѣленіе для научнаго понятія, всегда можно, формулируя соотвѣтствующимъ образомъ относящіяся къ этому понятію теоремы, создать теорію, согласную съ результатами наблюденія. Но на самомъ дѣлѣ—какъ показываетъ исторія—въ естествознаніи такъ же, какъ и въ другихъ наукахъ, обыкновенно раньше появляются теоремы, а затѣмъ только опредѣленія, хотя и логически первыя вытекаютъ изъ вторыхъ. При выборѣ теоремъ руководствуются ихъ простотою, ихъ удобствомъ для математическаго развитія или тому подобными причинами, и первое, что требуется отъ опредѣленія какого-либо изъ понятій, встрѣчающагося въ теоремѣ, это то, что оно должно оправдать эту теорему. (Хорошимъ примѣромъ такого процесса можетъ служить установленіе понятія „идеальный газъ").

Въ случаѣ эѳира положеніями, которыя должны быть вѣрными, являются шесть уравненій Максвелла; опредѣленіе эѳира должно быть выбрано такъ, чтобы эти положенія оказались вѣрными, когда оси относительныхъ координатъ „неизмѣнно связаны съ эѳиромъ". Если послѣ принятія какого-либо опредѣленія окажется, что уравненія Максвелла невѣрны, когда оси относительныхъ координатъ „неизмѣнно связаны съ эѳиромъ", то мы можемъ, выражаясь грубо, сказать, что наше опредѣленіе невѣрно, хотя правильнѣе было бы считать невѣрными уравненія. Для нашихъ цѣлей будетъ удобнѣе и не въ ущербъ общности, если мы замѣнимъ систему уравненій однимъ простымъ слѣдствіемъ изъ нихъ, а именно положеніемъ, что электрическій зарядъ e, движущійся со скоростью u по отношенію къ „относительнымъ" осямъ, равносиленъ элементу тока, сила котораго $= eu$, а направленіе совпадаетъ съ траекторіей заряда.

§ 4. На первый взглядъ можетъ показаться, что при

опредѣленіи эѳира вродѣ даннаго выше, невозможно, чтобы наше предложеніе оказалось невѣрнымъ; но слѣдуетъ обратить вниманіе на первое слово опредѣленія— „тѣло" и на условіе теоремы, гласящее, что оси относительныхъ координатъ „*неизмѣнно связаны съэѳиромъ*".

Положеніе: эѳиръ это „т ѣ л о", безъ сомнѣнія, наводитъ на мысль, что эѳиръ, поскольку это касается относительнаго движенія его частей, похожъ на кусокъ твердаго вещества; что за исключеніемъ деформацій, вызванныхъ распространяющимися черезъ него колебаніями, части эѳира не обладаютъ никакимъ другимъ относительнымъ движеніемъ; что движеніе какого-либо тѣла по отношенію къ эѳиру однозначно опредѣлено и въ общемъ не зависитъ отъ движенія этого тѣла относительно какой-нибудь иной матеріальной системы. И дѣйствительно, до самаго послѣдняго времени почти всѣми принималось, что скорость, которой пропорціонально магнитное дѣйствіе движущагося заряда, не есть его скорость относительно какой-либо матеріальной системы, а представляетъ скорость относительно какой-то системы, которая не зависитъ отъ всѣхъ матеріальныхъ тѣлъ, которая занимаетъ всю вселенную и не обладаетъ относительнымъ движеніемъ частей. Что такое положеніе, во всякомъ случаѣ, сомнительно—когда оно формулировано ясно и опредѣленно—никто не станетъ оспаривать. Но моей задачей является показать, что оно даже такъ мало вѣроятно, что никогда не было бы принято даже на одно мгновенье, если бы не несчастное изобрѣтеніе такого привлекательнаго слова, какъ эѳиръ. Мнѣ кажется несомнѣннымъ, что если бы вмѣсто эѳира было установлено слово во множественномъ числѣ или еслибы къ слову „тѣло" въ данномъ выше опредѣленіи были прибавлены слова: „или тѣла", одинъ изъ самыхъ сложныхъ вопросовъ современной физики никогда не возникъ бы.

§ 5. Оси, „неизмѣнно связанныя съ эѳиромъ", вызываютъ представленіе о движеніи какой-либо матеріальной системы относительно эѳира или, наоборотъ, о движеніи эѳира относительно матеріальной системы. Посмотримъ, что можно понимать подъ такою скоростью эѳира? Когда мы говоримъ о скорости матеріальнаго тѣла *A* относительно тѣла *B*, то имѣемъ въ виду одно изъ двухъ опредѣленій слова „скорость", смотря по тому, имѣемъ ли мы дѣло съ твердыми тѣлами или съ жидкими. Въ первомъ случаѣ скорость есть мѣра измѣненія разстоянія между какою-либо отмѣченною точкою на *A*—отличающейся какимъ-либо свойствомъ отъ сосѣднихъ точекъ—и отмѣченною такимъ же способомъ точкою на *B* [1]); во второмъ случаѣ скорость измѣряется количествомъ вещества (по объему), проходящимъ въ единицу времени черезъ единицу поперечнаго сѣченія Всякій, вѣроятно, согласится съ тѣмъ, что второе опредѣленіе (которое связывается съ первымъ основнымъ опредѣленіемъ скорости только нашимъ представленіемъ о квазитвердыхъ молекулахъ) неподходяще въ случаѣ эѳира, первое же, повидимому, примѣнимо. Разсмотримъ простой случай: два или болѣе заряженныхъ электричествомъ тѣлъ движутся съ различными, но постоянными скоростями относительно какого-нибудь наблюдателя. Вокругъ каждаго изъ этихъ тѣлъ распредѣлена электростатическая энергія, сосредоточенная въ эѳирѣ; положеніе частей эѳира, содержащихъ опредѣленныя количества энергіи (относящіяся къ одному и тому же тѣлу), другъ относительно друга или по отношенію къ заряженному ядру не мѣняется при движеніи. Если эѳиръ—тѣло, въ которомъ локализована электрическая энергія, то, кажется, удобнѣе и проще всего отличать его точки другъ отъ друга—чтобы отмѣтить одну изъ

---

[1]) См. замѣчаніе въ концѣ этой статьи.

нихъ, какъ это требуется опредѣленіемъ скорости—по количеству энергіи, содержащемуся въ нихъ.

Но тогда скорость эѳира относительно какого-либо наблюдателя окажется различной, смотря по тому, какое изъ движущихся заряженныхъ тѣлъ мы будемъ разсматривать: она всегда будетъ равна скорости соотвѣтствующаго заряженнаго тѣла относительно наблюдателя.

§ 6. Таковъ, я полагаю, простой и ясный путь, приводящій прямо къ принципу относительности; послѣдній, безъ сомнѣнія, былъ бы уже давно принятъ всѣми, если бы не слово „эѳиръ" въ единственномъ числѣ. „Если", говорятъ, „существуетъ только одинъ эѳиръ, то онъ не можетъ имѣть больше одной скорости относительно какого-нибудь наблюдателя; слѣдовательно, мы должны предположить, что нельзя отличать части эѳира другъ отъ друга по содержимой ими энергіи, и приходится допустить, что энергія движется сквозь эѳиръ, переходя отъ одной части его къ другой со скоростью, которая не имѣетъ ничего общаго со скоростью самого эѳира". Такого, по моему представленію, взгляда держатся тѣ, которые стоятъ за эѳиръ. Посмотримъ къ чему онъ приводитъ.

§ 7. Сразу ясно, что, если нельзя отличать другъ отъ друга точки эѳира по содержащейся въ нихъ энергіи, то у насъ нѣтъ никакихъ средствъ отмѣтить какую-либо изъ нихъ. Всѣ оптическія явленія доказываютъ, что эѳиръ (внѣ матеріальныхъ тѣлъ) по способности содержать энергію совершенно одно родена: скорость лучистой энергіи прямолинейна и не зависитъ отъ направленія, по которому лучъ распространяется. Всѣ части эѳира, содержащія одинаковое количество энергіи—поскольку можно обнаружить опытомъ—совершенно тождественны, и нѣтъ никакой возможности отличить ихъ другъ отъ друга; границы эѳира, если

таковыя существуютъ, также никогда не были достигнуты. Первое условіе для примѣненія къ эѳиру того опредѣленія скорости, которое лежитъ въ основѣ всѣхъ положеній о движеніи матеріальныхъ тѣлъ, не можетъ быть удовлетворено; до тѣхъ поръ, пока не будетъ дано другое опредѣленіе скорости, примѣнимое къ эѳиру, всѣ положенія о скорости эѳира или о скорости относительно него являются безмысленными. Итакъ, если стоять на той точкѣ зрѣнія, что нельзя отличать части эѳира другъ отъ друга по содержащейся въ нихъ энергіи, то первое положеніе, высказываемое относительно скорости эѳира, должно быть опредѣленіемъ; въ противномъ случаѣ оно совершенно лишено смысла. Если кто-нибудь сообщаетъ мнѣ, что его часы вѣсятъ 100 граммовъ, то его утвержденіе имѣетъ для меня вполнѣ опредѣленный смыслъ, такъ какъ обычное опредѣленіе „вѣса" можетъ быть примѣнено къ часамъ; но если онъ говоритъ мнѣ, что цвѣтъ его часовъ вѣситъ 100 граммовъ, и отказывается объяснить мнѣ, какимъ образомъ цвѣтъ можетъ быть взвѣшенъ, то я могу только заключить, что онъ болтаетъ ерунду; если же это объясненіе исключается тѣмъ фактомъ, что это говоритъ ученый профессоръ, то мнѣ остается предположить, что онъ по какой-нибудь причинѣ—можетъ быть, и вполнѣ разумной—хочетъ, чтобы я подъ словами: „то, что вѣситъ 100 граммовъ", понималъ „цвѣтъ его часовъ".

Такимъ же образомъ, если кто-нибудь, отказываясь отъ принципа относительности, пишетъ уравненія Максвелла или простое слѣдствіе изъ нихъ, указанное выше, не устанавливая ясно, что такое представляетъ изъ себя скорость осей, „неизмѣнно связанныхъ съ эѳиромъ", относительно какой-либо матеріальной системы (относительно которой можно измѣрять другія скорости), то его положеніе можетъ имѣть единственно такой смыслъ: онъ предлагаетъ назвать терминомъ „ско-

рость *и* относительно эѳира“ состояніе движенія тѣла, несущаго на себѣ зарядъ *e*, когда магнитное дѣйствіе его, измѣряемое какимъ-либо наблюдателемъ, эквивалентно дѣйствію элемента тока силою *eu*... Кромѣ того, изъ сказаннаго слѣдуетъ, что, если онъ выведетъ слѣдствія изъ своихъ основныхъ гипотезъ и сравнитъ ихъ съ данными опыта, то единственнымъ существеннымъ результатомъ его трудовъ можетъ быть слѣдующее: онъ можетъ узнать, съ какою скоростью (согласно его опредѣленію) движется относительно эѳира какое-нибудь тѣло или какія-нибудь тѣла, которыя онъ наблюдаетъ. Но онъ никоимъ образомъ не можетъ подтвердить или опровергнуть какія-либо предположенія, сдѣланныя имъ при составленіи его гипотезъ. Онъ находится въ положеніи математика, рѣшающаго уравненія, въ которыхъ имѣется одно или нѣсколько неизвѣстныхъ перемѣнныхъ. Самое большое, что онъ можетъ сдѣлать, это найти частныя значенія для этихъ перемѣнныхъ; онъ не можетъ получить ни тождества, ни нетождества, которыя доказали бы вѣрность или невѣрность его исходныхъ уравненій.

§ 8. Можно подумать, что я упустилъ изъ виду другое опредѣленіе слова „скорость“, также независимое отъ ученія объ электромагнитныхъ явленіяхъ. А именно, существуетъ величина, носящая названіе „абсолютной скорости“; значеніе этого термина устанавливается въ динамикѣ. Можно, можетъ быть, утверждать, что скорость заряженнаго тѣла относительно эѳира есть его „абсолютная скорость“? Такое утвержденіе возможно, и тогда падаютъ всѣ возраженія, высказанныя въ предыдущемъ параграфѣ, но зато возникаютъ новыя затрудненія, которыя гораздо серьезнѣе прежнихъ. Въ статьѣ автора „О принципахъ динамики“ [1]) доказано, что понятіе „абсо-

[1]) *Campbell* Phil. Mag. 19 p. 168, 1910.

лютная скорость“ (авторъ предлагаетъ писать: Абсолютная Скорость) имѣетъ смыслъ только до тѣхъ поръ, пока признаются справедливыми основныя положенія динамики. Однимъ изъ этихъ положеній является утвержденіе, что масса тѣла не зависитъ отъ состоянія его движенія. Изъ уравненій же электромагнетизма вытекаетъ, что масса заряженнаго тѣла мѣняется во время его движенія; этимъ самымъ отрицается вѣрность положеній динамики, и, слѣдовательно, терминъ „Абсолютная Скорость“, также и терминъ „Абсолютное Движеніе“, лишаются всякаго значенія. Логически невозможно утверждать въ одно и то же время:

1) что оси, неизмѣнно связанныя съ эѳиромъ, суть оси, Абсолютная Скорость которыхъ равна нулю,

и 2) что масса тѣла увеличивается вмѣстѣ со скоростью движенія этого тѣла относительно этихъ же осей.

Разъ одно изъ этихъ положеній признано вѣрнымъ, то другое становится не только невѣрнымъ, а просто лишеннымъ всякаго смысла.

Итакъ, мы должны согласиться съ тѣмъ, что приверженцы эѳира не могутъ считать „скорость относительно эѳира“ ни скоростью, измѣряемою обычнымъ способомъ, ни Абсолютною Скоростью. И такъ какъ слово „скорость“ во всѣхъ отдѣлахъ физики, кромѣ ученія объ электромагнитныхъ явленіяхъ, употребляется исключительно въ указанныхъ двухъ значеніяхъ, то остается заключить, что „скорость“ въ электромагнетизмѣ представляетъ новое понятіе, опредѣленное первымъ положеніемъ, въ которомъ оно встрѣчается. Разсмотримъ слѣдствія, вытекающія изъ этого заключенія.

§ 9. Извѣстны два класса наблюденій, служащихъ для опытнаго опредѣленія скорости какого-либо тѣла

относительно эѳира. Примѣромъ перваго, самаго непосредственнаго способа, можетъ служить опытъ Роулэнда (Rowland) надъ магнитнымъ дѣйствіемъ движущихся зарядовъ. Роулэндъ показалъ, что если зарядъ e движется со скоростью u относительно системы наблюдаемыхъ магнитовъ, то дѣйствіе его равносильно дѣйствію элемента тока eu. Слѣдовательно,—и это единственный возможный выводъ изъ результата опыта Роулэнда — скорость заряда относительно эѳира есть его скорость относительно системы наблюдаемыхъ магнитовъ.

Ко второму ряду наблюденій относятся аберрація и опыты Майкельсона и Морлея (Michelson and Morley). Можно вывести изъ основныхъ теоремъ ученія объ электромагнитныхъ явленіяхъ, что если скорость какого-либо наблюдателя относительно эѳира мѣняется на величину u, то кажущееся направленіе свѣтового луча, видимаго наблюдателемъ, мѣняется на уголъ $\frac{u \sin \theta}{V}$, гдѣ θ есть уголъ между направленіемъ луча и направленіемъ u. Наблюденія надъ звѣздами показываютъ, что u есть скорость движенія земли по своей орбитѣ вокругъ солнца, а θ есть уголъ между этою скоростью и направленіемъ къ звѣздѣ. Съ другой стороны, наблюденія, произведенныя надъ земными источниками, показываютъ, что u равняется нулю. Слѣдовательно, мы должны заключить—и это опять-таки единственное возможное слѣдствіе, — что, когда имѣются въ виду звѣзды, то скорость наблюдателя относительно эѳира является скоростью движенія земли по эклиптикѣ и что въ случаѣ земныхъ источниковъ эта скорость наблюдателя относительно эѳира равна нулю. Итакъ, наши наблюденія подтверждаютъ то, къ чему насъ привело a priori разсмотрѣніе простыхъ фактовъ электростатики, а именно: скорость, играющая роль въ электро-

магнитныхъ явленіяхъ, есть относительная скорость между дѣйствующей и „наблюдающей“ системами; слова „неизмѣнно связанныя съ эѳиромъ“ для всякаго наблюдателя равнозначащи со словами: „неизмѣнно связанныя съ наблюдаемою имъ въ данномъ случаѣ системою“. Итакъ, даже если мы исходимъ изъ точки зрѣнія „приверженцевъ эѳира“, наблюденія заставляютъ насъ принять принципъ относительности.

§ 10. Но вѣрующіе въ эѳиръ отказываются сдѣлать этотъ выводъ, представляющійся логическимъ слѣдствіемъ ихъ заключеній; они настолько увлечены идеями, которыя являлись у нихъ, благодаря постоянному употребленію слова „эѳиръ“, что никакъ не могутъ примириться съ мыслью, что одинъ и тотъ же наблюдатель можетъ имѣть въ одно и то же время нѣсколько скоростей относительно эѳира. Они говорятъ о томъ, что результаты наблюденій надъ аберраціей и опыта Майкельсона надо „привести въ соотвѣтствіе“ съ теоріей. Но здѣсь нѣтъ никакой надобности приводить что-либо „въ соотвѣтствіе“: полученные результаты представляютъ вполнѣ логическое цѣлое, и въ нихъ нѣтъ и слѣда противорѣчія. Безспорно, если опредѣлять скорость такъ, какъ это дѣлается для твердыхъ тѣлъ, то заключеніе, что одно и то же тѣло имѣетъ различныя скорости относительно другого, показывало бы, что допущена какая-то ошибка въ аргументаціи; но вѣдь скорость ими была опредѣлена совсѣмъ иначе, и нѣтъ никакого основанія предполагать, что новое опредѣленіе скорости подчиняется тѣмъ же ограниченіямъ, что и прежнее. Приверженцы эѳира въ данномъ случаѣ похожи на математика, который, имѣвши раньше дѣло только съ вещественными количествами и впервые встрѣтившись при рѣшеніи квадратнаго уравненія съ мнимымъ корнемъ, счелъ бы

необходимымъ привести „это понятіе въ соотвѣтствіе“ со своими прежними знаніями.

Это „приведеніе въ соотвѣтствіе“, произведенное защитниками эѳира, было настоящей революціей и поистинѣ злополучной революціей. Приверженцы эѳира объявили, что они согласны отказаться отъ своего опредѣленія и замѣнить его новымъ. Что это рѣшеніе было благоразумнымъ, съ этимъ согласится всякій; но врядъ ли кто-либо признаетъ мудрымъ новое опредѣленіе, выбранное ими. Теперь стали утверждать:

1) что разница между скоростями какихъ-либо двухъ тѣлъ относительно эѳира равна ихъ скорости другъ относительно друга, и

2) что скорость какого-нибудь тѣла относительно эѳира неизвѣстна только въ предѣлахъ нѣкоторой постоянной величины.

Затѣмъ изо всѣхъ силъ старались доказать, что пока въ нашемъ распоряженіи не будетъ экспериментальныхъ средствъ совсѣмъ другого порядка, мы не можемъ надѣяться какимъ-либо опытомъ найти значеніе этой постоянной. Но нѣтъ, конечно, никакого основанія предполагать, что если эти опыты когда-либо и можно будетъ осуществить, то тогда величина, принятая нами за постоянную, дѣйствительно окажется постоянной. Но приверженцы эѳира, облегченно вздохнувъ, успокоились на этомъ, въ полномъ убѣжденіи, что ими найдено такое рѣшеніе всѣхъ затрудненій, связанныхъ съ эѳиромъ, которое можетъ разсчитывать на всеобщее признаніе.

§ 11. Но признаніе было далеко не всеобщимъ. Пуанкарэ (Poincaré) возсталъ противъ этой схемы на томъ основаніи, что она требуетъ новыхъ гипотезъ каждый разъ, когда увеличивается точность нашихъ приборовъ. Кромѣ того, многіе, вѣроятно, обратили вниманіе на то, что нельзя же считать удовлетворитель

нымъ введеніе въ основныя уравненія науки величины, которыхъ нельзя измѣрить ни непосредственно, ни съ помощью этихъ уравненій.

Будущій историкъ физики, вѣроятно, не мало будетъ удивляться тому обстоятельству, что громадное большинство физиковъ только потому, что не желаетъ разстаться съ идеями, единственнымъ источникомъ которыхъ, повидимому, является употребленіе слова „эѳиръ“, приняло такую сложную, запутанную и къ тому еще шаткую систему и отказалось отъ другой, къ которой настойчиво приводили столь многія соображенія. Если не дѣлать совершенно произвольныхъ предположеній о значеніи „скорости эѳира“ относительно какой-либо „наблюдающей“ системы, то результаты наблюденій заставляютъ насъ принять принципъ относительности, т. е. тотъ взглядъ, что оси, „неизмѣнно связанныя съ эѳиромъ“, къ которымъ слѣдуетъ отнести уравненія Максвелла, суть оси, неизмѣнно связанныя съ наэлектризованною системою, являющейся источникомъ энергіи, превращенія которой мы изслѣдуемъ. Увѣряли, что эти идеи въ дѣйствительности еще менѣе удовлетворительны, чѣмъ тѣ, которыя основаны на представленіи объ одномъ эѳирѣ, такъ какъ онѣ „заставляютъ приписать эѳиру очень сложное строеніе“. Но если мы откажемся отъ употребленія слова „эѳиръ“, то ясно обнаружится, что новыя идеи значительно проще. Система, въ которой сосредоточена электромагнитная энергія, перестаетъ быть единственнымъ тѣломъ, независящимъ отъ всѣхъ матеріальныхъ тѣлъ; эта система является теперь совокупностью частей, изъ которыхъ каждую слѣдуетъ разсматривать, какъ часть отдѣльнаго заряженнаго тѣла, находящагося въ движеніи; если заряженное тѣло движется равномѣрно относительно наблюдателя, то часть эѳира, въ которой сосредоточена его энергія, дви-

жется съ тою же скоростью относительно наблюдателя. Принципъ относительности не усложняетъ наши объясненія электрическихъ явленій, а, напротивъ, значительно ихъ упрощаетъ, такъ какъ уменьшаетъ на одно число тѣлъ, подлежащихъ разсмотрѣнію.

§ 12. Было бы нетрудно подобнымъ же образомъ выяснить и другія недоразумѣнія, которыя возникли благодаря пользованію понятіемъ эѳиръ, подвергнуть критикѣ многочисленныя и противорѣчащія другъ другу попытки опредѣлить его плотность, его упругость и даже его атомный вѣсъ. Но моей задачей вовсе не является высказать всѣ тѣ доводы, которые можно привести противъ эѳира; я хотѣлъ сообщить только тѣ, которые мнѣ кажутся въ настоящее время наиболѣе сильными. Приверженцамъ эѳира будетъ очень трудно связать со своими представленіями или „разъяснить" навыя работы Бухерера и атомистическія теоріи лучистой энергіи Дж. Дж. Томсона (J. J. Thomson) и Планка (послѣдняя недавно была дальше развита Штаркомъ [1]), такъ что теперь она очень *мало* *отличается* отъ первой [2]). Если они все же пытаются это сдѣлать, то причиной тому, безъ сомнѣнія, ихъ вѣра въ то, что понятіе „эѳиръ" еще заслуживаетъ быть сохраненнымъ. Доказательство того, что дѣла эѳира обстоятъ до смѣшного плохо даже тамъ, гдѣ его положеніе считалось наилучшимъ, что это понятіе никогда не давало ничего, кромѣ заблужденій и путаницы въ мысляхъ, пусть способствуетъ тому, чтобы оно поскорѣе было выброшено въ ту мусорную яму, гдѣ нынѣ уже гніютъ „флогистонъ" и „тепловая жидкость".

---

[1]) I Stark, Phys. ZS. *10*, p. 579. 1909.

[2]) См. также A. Einstein. Phys. ZS *10*, p. 185, 1909. (Прим. переводч.).

ДОБАВЛЕНІЕ.

Я хотѣлъ бы еще сдѣлать нѣсколько замѣчаній объ отношеніи между этою работою и другою: „О принципахъ динамики“ [1]), ибо можетъ показаться, что нѣкоторыя изъ высказанныхъ выше положеній не соотвѣтствуютъ сказанному въ той работѣ; однимъ изъ такихъ положеній является то, къ которому относится примѣчаніе на стр. 106. Въ „принципахъ динамики“ показано, что скорость, разсматриваемая въ физикѣ, есть почти всегда просто скорость относительная, и что ее нельзя непосредственно выразить черезъ разстояніе и время.

Я могъ избѣгнуть указанныхъ несоотвѣтствій, воспользовавшись выраженіями, выведенными въ „принципахъ динамики“ (хотя послѣдняя работа и написана значительно позже предлагаемой); но мнѣ представляется что аргументація, приведенная выше—хотя съ формальной стороны противъ нея и могутъ быть возраженія,—болѣе доказательна и требуетъ меньшаго напряженія мысли. Въ этомъ же добавленіи я хочу показать, какой видъ приметъ эта аргументація, будучи развита съ точки зрѣнія идей, высказанныхъ въ „принципахъ динамики“.

Единственное значеніе, которое придается слову „скорость“ въ научныхъ разсужденіяхъ и которое можетъ быть установлено безъ признанія вѣрности какой-либо научной теоріи, есть производная разстоянія по времени, т. е. $\frac{dr}{dt}$, если r обозначаетъ разстояніе и t—время; этимъ устанавливается соотношеніе (назовемъ его А) между скоростью, съ одной стороны, и разстояніемъ и временемъ—съ другой. Другія величины, какъ, напримѣръ, Абсолютная Скорость, также называемыя скоро-

[1]) *Campbell.* Phil. mag. XIX, p. 168, 1910.

стями, вслѣдствіе того, что онѣ находятся въ какой-либо связи съ относительною скоростью, могутъ быть опредѣлены только тѣми уравненіями, которыя выражаютъ эту связь; ибо только уравненія фактически являются выраженіемъ всякой научной теоріи.

Если мы отказываемся отличать частицы эѳира по содержащейся въ нихъ энергіи, то мы лишаемся возможности измѣрять разстоянія между ними и, слѣдовательно, опредѣлять относительныя скорости такихъ частицъ при помощи сотношенія А. Для отказавшихся отъ этой возможности понятіе „скорость эѳира" становится безсмысленнымъ, если не признать вѣрность первой теоремы, въ которой это понятіе встрѣчается (уравненія Максвелла). Точно такъ же величина „b" не, имѣетъ смысла для того, кто не признаетъ вѣрность уравненія Ванъ-деръ-Ваальса $[(p+\frac{a}{v^2})(v-b)=RT]$.

Рѣшивъ уравненія, которыми опредѣлено понятіе, скорости, нашли для одной частицы въ различныхъ случаяхъ различныя значенія скорости; такое заключеніе показываетъ, что эта скорость обладаетъ свойствами, отличными отъ свойствъ „относительной скорости". Аналогично этому, если бы мы нашли для величины „b" отрицательное или мнимое значеніе, то это показывало бы, что величина „b" обладаетъ свойствами, отличными отъ свойствъ, приписываемыхъ объему, согласно его опредѣленію. Въ такомъ случаѣ представляются двѣ возможности: или мы это заключеніе принимаемъ, или мы создаемъ новую теорію, которая привела бы къ другимъ заключеніямъ. Въ случаѣ эѳира всѣ согласны съ тѣмъ, что полученное заключеніе слѣдуетъ отбросить и что нужно построить новую теорію. Приверженцы принципа относительности указываютъ, что новая теорія можетъ быть выработана безъ введенія такого понятія какъ „скорость эѳира"; ее можно построить, пользуясь

только выраженіями, въ которыя входятъ величины, измѣряемыя исключительно при помощи соотношенія А. Приверженцы эѳира, напротивъ, предлагаютъ новую теорію, которая опять вводитъ количество того же характера, что и прежнее. Но чтобы избѣгнуть новыхъ нежелательныхъ выводовъ, они строятъ эту новую теорію такимъ образомъ, что значеніе введенной величины не можетъ быть измѣрено ни однимъ изъ доступныхъ опытовъ.

Я пытался доказать, что первый способъ болѣе удовлетворителенъ; къ тому, что я сказалъ, я хочу прибавить еще только одинъ доводъ, основанный на аналогіи съ динамикой. Всѣ физики, полагаю я, согласятся съ тѣмъ, что если бы динамику можно было построить на выраженіяхъ, содержащихъ одно относительное движеніе, и при этомъ уравненія не усложнились бы настолько, что не поддавались бы математической обработкѣ, всѣ, я думаю, согласны, что въ такомъ случаѣ эту теорію слѣдовало бы принять. „Абсолютная скорость" есть непріятная необходимость, мириться съ которою насъ заставляетъ несовершенство нашихъ математическихъ средствъ. Доводы противъ „скорости эѳира" болѣе вѣски, чѣмъ тѣ, которые высказываются противъ „Абсолютной Скорости": принимая уравненія, которыми опредѣляется „Абсолютная Скорость", за вѣрныя, мы можемъ найти значенія ея; принимая же за вѣрныя уравненія, опредѣляющія понятія „скорость эѳира", мы не можемъ найти эту скорость. Съ другой стороны, въ пользу эѳира нѣтъ довода, вытекающаго изъ несовершенства математики, такъ какъ уравненія, основанныя на принципѣ относительности, столь же просты, какъ уравненія, основанныя на понятіи „эѳиръ".

Перевелъ *М. Якобсонъ.*

Положеніе новѣйшей физики по отношенію къ механическому міровоззрѣнію [1]).

Макса Планка.

Высокочтимое собраніе! Изъ всѣхъ городовъ, гдѣ происходятъ регулярные съѣзды нашего общества, едва ли можно назвать хоть одинъ, который такъ настойчиво приглашалъ бы насъ бросить взглядъ на новѣйшее развитіе физическихъ теорій, какъ тотъ, въ которомъ мы въ настоящее время находимся. Я при этомъ имѣю въ виду не только великаго Кенигсбергскаго философа, пытавшагося съ геніальной смѣлостью подчинить даже происхожденіе нашего космоса физическимъ законамъ, но и основателя теоретической физики въ Германіи Франца Неймана, школа котораго подарила физикѣ цѣлый рядъ весьма выдающихся изслѣдователей. Я имѣю также въ виду и творца принципа сохраненія энергіи Германа Гельмгольтца, который 56 лѣтъ тому назадъ здѣсь, на примѣрѣ поднятаго при помощи водяной силы и затѣмъ падающаго молота, наглядно разъяснилъ членамъ Физико-Экономическаго Общества совершенно новыя для того времени понятія потенціальной и кинетической энергіи („сила напряженія“ и „живая сила“).

---

[1]) Рѣчь, произнесенная 23 сент. 1910 г. на 82 съѣздѣ нѣмецкихъ естествоиспытателей и врачей въ Кенигсбергѣ. Phys. Zeitschr. 11, s. 922 (1910).

Съ тѣхъ поръ, какъ всякому извѣстно, въ физикѣ произошли неожиданныя измѣненія. И если бы Гельмгольтцъ оказался сегодня среди насъ, то, услышавъ нѣкоторыя сообщенія въ секціи физики, онъ безъ сомнѣнія, удивленно покачалъ бы головой. На первое мѣсто слѣдуетъ поставить грандіозные успѣхи въ техникѣ экспериментированія, успѣхи, повлекшіе за собою эти неожиданныя перемѣны. Пріобрѣтенія въ нѣкоторыхъ областяхъ, достигнутыя благодаря этому, послѣдовали такъ неожиданно, что въ настоящее время мы склонны считать разрѣшимыми даже тѣ проблемы, осилить которыя казалось невозможнымъ всякому человѣку два—три десятилѣтія тому назадъ. Теперь, вообще говоря, съ принципіальной точки зрѣнія едва-ли считаютъ что-нибудь технически абсолютно невозможнымъ. Но теоретики также въ значительной степени восприняли отвагу экспериментаторовъ. Они нынѣ подходятъ къ вопросу со смѣлостью, неслыханною въ прежнія времена. Въ настоящее время нѣтъ того положенія, которое было бы гарантировано отъ сомнѣній; каждую физическую истину считаютъ возможнымъ подвергать критикѣ. И иногда кажется, что въ области теоретической физики снова наступаетъ время хаоса.

Но чѣмъ многосложнѣе это обиліе новыхъ фактовъ, чѣмъ пестрѣе разнообразіе новыхъ идей, тѣмъ повелительнѣе звучитъ съ другой стороны призывъ къ объединяющему міровоззрѣнію. Подобно тому, какъ успѣхъ всякаго эксперимента обезпечивается только надлежащей постановкой опытовъ, такъ и пригодная въ широкомъ объемѣ рабочая гипотеза можетъ помочь правильной постановкѣ вопроса только благодаря цѣлесообразному физическому міровоззрѣнію. Этотъ призывъ къ всеобъемлющему міровоззрѣнію не только знаменателенъ для физики, онъ существенъ и для всего естествознанія; вѣдь переворотъ въ области принциповъ физики не

можетъ не отозваться на другихъ отрасляхъ науки о природѣ.

Безспорно, что міровоззрѣніе, оказывавшее до сихъ поръ величайшія услуги физикѣ, было механическое. Если мы вспомнимъ, что механическое міровоззрѣніе имѣетъ цѣлью объяснить всѣ качественныя различія въ концѣ концовъ движеніемъ, то мы должны дать ему слѣдующее опредѣленіе: механическое міровоззрѣніе есть ученіе, согласно которому всѣ физическіе процессы окончательно сводятся къ движенію неизмѣняемыхъ, однородныхъ, матеріальныхъ точекъ или просто элементарныхъ массъ. По поводу механическаго міровоззрѣнія я и буду говорить здѣсь всегда въ этомъ смыслѣ. Но является ли эта гипотеза основной и по сей день и выполняетъ ли она свою роль, если принять во вниманіе новѣйшее развитіе физики?

Съ давнихъ поръ существуютъ физики и философы, которые считаютъ утвердительный отвѣтъ на этотъ вопросъ не только чѣмъ-то само собою разумѣющимся, но прямо постулатомъ физическихъ изслѣдованій. Согласно такому воззрѣнію, задача теоретической физики заключается непосредственно въ томъ, чтобы всѣ явленія въ природѣ свести къ движенію. Въ противоположность этому, всегда были скептики, которые сомнѣвались въ фундаментальномъ характерѣ такой формулировки этой проблемы, которые находили механическое міровоззрѣніе слишкомъ узкимъ, чтобы связать пестрое многообразіе всѣхъ явленій природы. И въ наши дни трудно сказать, какое изъ этихъ двухъ мнѣній пріобрѣло рѣшительный перевѣсъ. Только теперь, повидимому, обнаруживается, что, наконецъ, наступаетъ окончательное рѣшеніе вопроса, какъ результатъ того глубокаго движенія, котороe охватило теоретическую физику. Это движеніе носитъ до такой степени радикальный характеръ и производитъ такой переворотъ въ наукѣ, что волны

его, перебѣгая черезъ все, относящееся къ физикѣ, ударяють о сосѣднія области химіи, астрономіи и даже теоріи познанія; а въ средѣ участниковъ этого движенія возвѣщаются битвы научныхъ идей, которыя могутъ сравниться только съ борьбой за міровоззрѣніе Коперника. Въ дальнѣйшемъ я намѣренъ изложить Вамъ, что́ привело къ этой революціи и какъ, по всей вѣроятности, разрѣшится вызванный ею кризисъ.

Расцвѣтъ механическаго міровоззрѣнія произошелъ въ прошломъ столѣтіи. Первый могущественный толчекъ этому былъ данъ открытіемъ принципа сохраненія энергіи, который иногда, особенно въ началѣ своего открытія, прямо отождествлялся съ механическимъ міровоззрѣніемъ. Это недоразумѣніе произошло, по всей вѣроятности, вслѣдствіе того, что съ точки зрѣнія механическаго міровоззрѣнія принципъ энергіи выводится очень легко: если всякая энергія механическаго происхожденія, то въ основаніи принципа энергіи лежитъ ничто иное, какъ издавна извѣстный механическій законъ живыхъ силъ. Въ этомъ случаѣ во всей природѣ имѣютъ мѣсто только два рода энергіи—кинетическая и потенціальная, и въ каждомъ опредѣленномъ видѣ энергіи, какъ, напримѣръ, въ теплотѣ, электричествѣ и магнетизмѣ, надо только разсудить, какого она рода: кинетическая или потенціальная. Это именно и есть та точка зрѣнія, на которую сталъ Гельмгольтцъ въ своей первой, составляющей эпоху, работѣ: „О сохраненіи силы". Но протекло не мало времени, прежде чѣмъ пришли къ сознанію, что законъ сохраненія энергіи ровно ничего еще не говоритъ о природѣ самой энергіи. Впрочемъ, это мнѣніе было высказано еще Робертомъ Майеромъ, впервые установившимъ механическій эквивалентъ тепла.

Особенной причиной развитія механическаго міровоззрѣнія была эволюція кинетической теоріи газовъ. Послѣдняя совпала, къ счастію, съ тѣмъ направленіемъ,

по которому какъ разъ тогда пошло химическое изслѣдованіе. Дѣло въ томъ, что, рѣшая задачу о наиболѣе точномъ отличіи молекулы отъ атома, здѣсь пришли къ закону Авогадро, какъ къ самому подходящему опредѣленію газовыхъ молекулъ, а этотъ законъ и является строгимъ слѣдствіемъ кинетической теоріи газовъ, если ввести живую силу движущихся молекулъ въ качествѣ мѣры температуры. Такимъ образомъ, благодаря атомистикѣ, явленія диссоціаціи, ассоціаціи, изомеріи, оптической активности молекулъ могли быть подробно освѣщены механически и притомъ такъ же успѣшно, какъ физическія явленія тренія, диффузіи, теплопроводности.

Но, безъ сомнѣнія, все-таки оставалась неразрѣшенной самая важная проблема это—вопросъ, какъ объяснить движеніемъ различіе химическихъ элементовъ. Но и здѣсь блеснула надежда. Дѣло въ томъ, что періодическая система элементовъ какъ будто ясно указывала на однородность матеріи въ концѣ концовъ. И когда гипотеза Прута, гласившая, что первичная матерія есть водородъ, обнаружила свою несостоятельность по той причинѣ, что атомные вѣса элементовъ не кратны въ точности атомному вѣсу водорода, то все же оставалась возможность выбрать первичные атомы — эти камни, изъ которыхъ построены всѣ химическіе элементы— достаточно малыми и, такимъ образомъ, отстоять единство первичной матеріи.

Нѣкоторое время казалось, что серьезная опасность для атомической теоріи растетъ со стороны энергетики, а именно, со стороны чистой термодинамики.

Такъ какъ выяснилось—и на это я уже обратилъ особенное вниманіе,—что принципъ энергіи совершенно не требуетъ механическаго міровоззрѣнія, то второе начало термодинамики и его многочисленныя примѣненія въ области физической химіи привели къ извѣстному недовѣрію къ атомистикѣ. Всѣ тѣ общіе законы, кото-

рые легко, съ полной точностью и во всемъ своемъ объемѣ, вытекаютъ изъ чистой термодинамики, таковы, напримѣръ, законы теплоты, испаренія и плавленія, осмотическаго давленія, электролитической диссоціаціи, пониженія точки замерзанія и повышенія точки кипѣнія, выводились только съ трудомъ и съ нѣкоторымъ лишь приближеніемъ при помощи атомической теоріи. Въ особенности это относится къ жидкостямъ и твердымъ тѣламъ, гдѣ методы атомической теоріи еще не совсѣмъ были введены, между тѣмъ какъ методы термодинамики одинаково суверенно управляютъ всѣми тремя аггрегатными состояніями и достигли самаго блестящаго успѣха при изученіи жидкихъ растворовъ. Прежде всего, механическому міровоззрѣнію доставила много хлопотъ необратимость естественныхъ процессовъ, потому что всѣ процессы механики обратимы, и понадобился глубокопроникающій анализъ и не менѣе непреклонный научный оптимизмъ Лудвига Больтцмана, чтобы не только примирить атомистику со вторымъ началомъ, но даже впервые при помощи атомистики сдѣлать понятной основную идею послѣдняго. Всѣ эти трудности были преодолены шутя, или, лучше сказать, онѣ вообще не существовали для послѣдователей чистой термодинамики. Сведеніе тепловой и химической энергіи къ механической они не считали вовсе проблемой и твердо держались предположенія о существованіи различныхъ видовъ энергіи. Это обстоятельство не разъ заставляло Больтцмана сокрушаться о томъ, что кинетическая теорія газовъ, какъ ему казалось, вышла изъ моды. Впослѣдствіи онъ не сказалъ бы этого, ибо какъ разъ тогда кинетическая теорія достигла высокаго развитія.

Но вскорѣ чистая термодинамика пришла къ своему естественному предѣлу. Такъ какъ второе начало вообще представляетъ лишь неравенство, то уравненія выводятся изъ него только для состояній равновѣсія и въ этомъ

случаѣ безспорно съ полной всеобщностью и точностью Но стоитъ только оставить эту область и обратить вниманіе на ходъ физическихъ и химическихъ процессовъ во времени, и второе начало будетъ въ состояніи указать лишь направленіе процессовъ и нѣкоторыя качественныя свойства тѣхъ изъ нихъ, которыя весьма мало отличаются отъ состоянія равновѣсія. Съ количественной же стороны второе начало не даетъ оцѣнки скорости реакціи, а тѣмъ болѣе возможности углубиться въ детали даннаго процесса. Здѣсь пришлось уже руководствоваться исключительно атомистическими представленіями, и послѣднія удовлетворили всѣмъ требованіямъ. Въ особенности важными оказались эти представленія для законовъ іонизаціи и вообще для всѣхъ тѣхъ явленій, гдѣ играютъ роль электроны. Здѣсь достаточно указать, что дисперсія, катодные и Рентгеновы лучи, всѣ явленія радіоактивности, обозначая только однимъ словомъ эту неизмѣримую область, становятся понятными лишь на основаніи кинетической атомистики.

Даже въ исконной области термодинамики, въ ученіи о состояніяхъ равновѣсія, т. е. стаціонарныхъ состояніяхъ, кинетическая теорія пролила свѣтъ на нѣкоторые вопросы, которые могли бы остаться темными для чистой термодинамики. Кинетическая теорія сдѣлала болѣе понятнымъ процессъ испусканія и поглощенія тепловыхъ лучей; объяснивъ, такъ называемое, Броуновское молекулярное движеніе, она представила прямое и, такъ сказать, осязательное доказательство своихъ правъ и необходимости своего существованія, и такимъ образомъ отпраздновала свою величайшую побѣду. Обобщая, можно сказать: въ предѣлахъ ученія о теплотѣ, въ химіи и электронной теоріи кинетическая атомистика не есть только рабочая гипотеза, она является прочной и надолго обоснованной теоріей. Какъ же обстоитъ дѣло съ механическимъ міровоззрѣніемъ? Вѣдь, оно не могло бы довольствоваться ато-

мическимъ строеніемъ матеріи и электричества, оно предъявило бы дальнѣйшія требованія, состоящія въ томъ, чтобы всѣ безъ исключенія явленія природы были истолкованы движеніемъ одинаковыхъ матеріальныхъ точекъ.

Величественнѣйшая, но, вѣроятно, и послѣдняя попытка принципіально свести всѣ естественные процессы къ движенію заключается въ механикѣ Гертца. Тутъ стремленіе механическаго міропониманія къ монистической картинѣ міра достигло вполнѣ идеальнаго совершенства. Механика Гертца, собственно говоря, не есть физика настоящаго, это физика будущаго или, такъ сказать, родъ физическаго вѣроисповѣданія. Она устанавливаетъ программу такой высокой послѣдовательности и гармоніи, что оставляетъ далеко за собой всѣ прежнія попытки, направленныя къ той же цѣли. Гертцъ не считаетъ достаточнымъ положить въ основаніе механическаго міровоззрѣнія исключительно движеніе простыхъ, однородныхъ, матеріальныхъ точекъ, этихъ единственно-подлинныхъ кирпичей физической вселенной. Онъ идетъ дальше той точки зрѣнія, на которую сталъ Гельмгольтцъ въ своемъ сочиненіи „О сохраненіи силы“; а именно, онъ съ самаго начала исключаетъ разницу между потенціальной и кинетической энергіей, т.-е. тѣ проблемы, которыя относятся къ изслѣдованію спеціальныхъ видовъ энергіи. Согласно Гертцу, существуетъ не только единственный родъ матеріи—матеріальная точка, но и единственный родъ энергіи—кинетическая. Всякая иная энергія, которую мы называемъ обыкновенно потенціальной, электромагнитной, химической, термической, на самомъ дѣлѣ представляетъ кинетическую энергію движенія невидимыхъ матеріальныхъ точекъ. Различіе этихъ видовъ энергіи обусловливается исключительно тѣми связями, какія существуютъ въ природѣ между положеніями и скоростями разсматриваемыхъ матеріальныхъ точекъ.

Эта механическая связь не наноситъ никакого ущерба дѣйствительному значенію принципа энергіи, такъ какъ она оказываетъ вліяніе на направленіе движенія, но не на величину живыхъ силъ, приблизительно подобно тому, какъ искривленіе рельсъ заставляетъ свернуть съ пути мчащійся поѣздъ, но не уменьшаетъ скорости его движенія. Слѣдовательно, согласно Гертцу, всѣ движенія въ природѣ зависятъ, въ конечномъ результатѣ, исключительно отъ инертности матеріи. Прекраснымъ примѣромъ такого воззрѣнія является кинетическая теорія газовъ. Энергія упругости покоящихся молекулъ газа, разсматривавшаяся раньше, какъ потенціальная, замѣнена кинетической энергіей движущихся молекулъ. Такое радикальное упрощеніе гипотезъ влечетъ за собою то, что и законы Гертцовской механики удивительны по своей простотѣ и ясности.

Однако, при ближайшемъ разсмотрѣніи оказывается, что трудности не устранены, а только отодвинуты—и отодвинуты въ область почти недоступную для опытной повѣрки. Самъ Гертцъ, вѣроятно, чувствовалъ это; какъ подчеркиваетъ Гельмгольтцъ въ своемъ предисловіи къ этому посмертному сочиненію Гертца, послѣдній ни разу даже не сдѣлалъ попытки въ какомъ-нибудь опредѣленномъ простомъ случаѣ описать свойства введенныхъ имъ незримыхъ движеній съ ихъ своеобразными связями. Въ этомъ направленіи мы и по сей день не сдѣлали и шагу впередъ; напротивъ, мы увидимъ, что прогрессъ физики проложилъ себѣ между тѣмъ совершенно иные пути, отличные не только отъ концепціи Гертца, но и отъ механической вообще. Дѣло въ томъ, что какъ разъ среди физическихъ явленій, наиболѣе тщательно изслѣдованныхъ, находится большая группа процессовъ, которая, повидимому, противопоставила непреоборимое препятствіе проведенію механическаго міровоззрѣнія.

Я обращаюсь сейчасъ къ свѣтовому эѳиру, къ этому

дитяти механической теоріи, поистинѣ зачатому въ скорби. Усилія истолковать свѣтовыя волны какъ движенія нѣкоторой тонко-распредѣленной матеріи имѣютъ ту же давность, что и волнообразная теорія Гюйгенса. И соотвѣтственно этому, многообразенъ рядъ понятій, выработанныхъ на протяженіи вѣковъ о сущности этой загадочной среды. И дѣйствительно. Пусть вѣрно, что существованіе матеріальнаго свѣтового эѳира является постулатомъ механической теоріи, такъ какъ, согласно послѣдней, должно быть движеніе тамъ, гдѣ есть энергія, а гдѣ существуетъ движеніе, тамъ необходимо должно быть и то, что движется; но въ такомъ случаѣ поведеніе эѳира страшно выдѣляется среди остальныхъ извѣстныхъ намъ видовъ матеріи одной ужъ его необыкновенно малой плотностью по сравненію съ той его колоссальной упругостью, которою обусловливается чрезвычайно большая скорость распространенія свѣтовыхъ волнъ. По Гюйгенсу, считавшему, что свѣтовыя волны имѣютъ продольное колебаніе, можно было еще представлять себѣ свѣтовой эѳиръ какъ въ чрезвычайно высокой степени разрѣженный газъ, но по Френелю, который доказалъ поперечность свѣтовыхъ колебаній, приходится разсматривать эѳиръ уже какъ твердое тѣло, такъ какъ въ газообразномъ эѳирѣ свѣтовыя волны поперечнаго характера не могли бы распространяться. Неоднократно пытались истолковать поперечныя волны съ помощью процессовъ, подобныхъ тренію, что имѣетъ мѣсто въ газахъ; но такой путь оказался неподходящимъ уже по одному тому, что въ свободномъ эѳирѣ нельзя доказать ни существованія поглощенія свѣта, ни зависимости скорости распространенія отъ окраски. Такимъ образомъ пришлось допустить существованіе твердаго тѣла съ удивительнымъ свойствомъ, состоящимъ въ томъ, что небесныя тѣла проходятъ сквозь него, не испытывая сопротивленія, которое можно было

бы какъ-нибудь обнаружить. Но это было только началомъ трудностей. Всякая попытка примѣнить уравненія теоріи упругости твердаго тѣла къ свѣтовому эѳиру приводила къ необходимости продольныхъ колебаній, которыя не существуютъ въ дѣйствительности; по крайней мѣрѣ, ихъ нельзя было обнаружить, хотя къ этому настойчиво стремились неоднократно и различными способами. Только построивъ гипотезу о безконечно малой или же безконечно большой сжимаемости эѳира, можно было освободиться отъ этихъ продольныхъ колебаній. Но оказалось, что даже и тогда невозможно въ достаточной степени удовлетворительно оправдать пограничныя условія на поверхности раздѣла двухъ средъ.

Я воздержусь здѣсь отъ описанія всѣхъ разнообразныхъ, болѣе или менѣе запутанныхъ предположеній, при помощи которыхъ пробовали одолѣть эти трудности; я хочу только указать на одинъ опасный симптомъ, который подчасъ сопровождаетъ безплодныя гипотезы и который далъ себя непріятно почувствовать и въ данной проблемѣ: я имѣю въ виду появленіе физическихъ контраверзъ, которыхъ вовсе нельзя разрѣшить соотвѣтствующими измѣреніями. Сюда относится прежде всего знаменитый споръ между Френелемъ и Нейманомъ о связи между направленіемъ колебаній прямолинейно поляризованнаго свѣта и плоскостью поляризаціи. Едва ли можно назвать область физики, гдѣ бы всевозможными орудіями опыта и теоріи велась болѣе упорная борьба по вопросу, повидимому, въ самомъ корнѣ неразрѣшимому.

Только съ возникновеніемъ электромагнитной теоріи свѣта эта борьба, какъ лишенная значенія, была прекращена—лишенная значенія, конечно, для концепціи, которая удовлетворяется тѣмъ, что разсматриваетъ свѣтъ, какъ явленіе электродинамическое. Проблема механическаго объясненія свѣтовыхъ волнъ осталась неразрѣшен-

ной, она была только перенесена къ рѣшенію задачи гораздо болѣе общей: всѣ электромагнитныя явленія, какъ статическія, такъ и динамическія, свести къ движенію. И дѣйствительно, по мѣрѣ развитія электродинамики росъ все болѣе и болѣе интересъ къ этой болѣе широкой задачѣ. Исходя изъ этихъ болѣе общихъ соображеній, выступили съ обширными вспомогательными средствами съ цѣлью дать болѣе тщательное рѣшеніе вопроса, а, благодаря этому, опять усилилось значеніе свѣтового эѳира: будучи до сихъ поръ мѣстопребываніемъ оптическихъ волнъ, онъ становится теперь носителемъ всѣхъ электромагнитныхъ явленій, по крайней мѣрѣ, въ абсолютной пустотѣ.

Но все было напрасно—свѣтовой эѳиръ продолжалъ издѣваться надъ всѣми стараніями понять его съ механической точки зрѣнія. Правда, казалось очевиднымъ, что электрическая и магнитная энергіи въ извѣстномъ смыслѣ такъ относятся другъ къ другу, какъ кинетическая и потенціальная, и спрашивалось прежде всего какую энергію считать кинетической: электрическую или магнитную. Первое предположеніе привело бы оптику къ теоріи Френеля, второе—къ теоріи Неймана. Однако, надежда на то, что теперь уже, благодаря введенію свойствъ статическаго и стаціонарнаго полей, найдутся искомыя точки опоры для рѣшенія вопроса, неразрѣшимаго оптическимъ способомъ,—эта надежда не оправдалась; наоборотъ, оно значительно умножило трудности. Чтобы постигнуть строеніе эѳира, были исчерпаны всѣ предложенія и комбинаціи, какія только можно себѣ представить; на этомъ поприщѣ самымъ дѣятельнымъ среди великихъ физиковъ оставался до конца своей жизни лордъ Кельвинъ. И обнаружилось, что изъ единой механической гипотезы невозможно вывести электродинамическихъ процессовъ въ свободномъ эѳирѣ, въ то время какъ тѣ же процессы удивительно

просто и съ точностью, подтверждающейся во всѣхъ подробностяхъ и понынѣ, воспроизводятся дифференціальными уравненіями Максвелла-Гертца. Я думаю, что по крайней мѣрѣ въ физическихъ кругахъ я не встрѣчу серьезнаго возраженія, если сжато выражусь слѣдующимъ образомъ: предположеніе примѣнимости простыхъ дифференціальныхъ уравненій Максвелла-Гертца къ электродинамическимъ явленіямъ въ чистомъ эѳирѣ исключаетъ возможность механическаго объясненія послѣднихъ. То обстоятельство, что Максвеллъ пришелъ къ своимъ уравненіямъ, исходя изъ механическихъ представленій, не мѣняетъ, конечно, сущности дѣла. Не впервые получается совершенно правильный результатъ изъ ассоціацій идей, не имѣющихъ вполнѣ достаточныхъ основаній. Тотъ, кто и теперь крѣпко держится за механическое объясненіе электродинамическихъ процессовъ въ свободномъ эѳирѣ, принужденъ считать уравненія Максвелла-Гертца не совсѣмъ точными и принужденъ дополнить ихъ введеніемъ нѣкоторыхъ величинъ достаточно малаго порядка. Конечно, противъ права на осуществленіе такой точки зрѣнія заранѣе ничего нельзя возразить,—здѣсь открывается обширное поле для всякаго рода спекуляцій; но, съ другой стороны, необходимо замѣтить и то, что эти доказательства могутъ быть выполнены исключительно экспериментальнымъ путемъ и что при каждомъ такомъ экспериментѣ необходимо постоянно считаться съ возможностью прибавить еще одинъ новый опытъ къ цѣлому ряду тщетно до сихъ поръ придуманныхъ. Объ экспериментахъ подобнаго рода я уже говорилъ; но я не упомянулъ еще объ одномъ, наиболѣе важномъ изъ всѣхъ, потому что его значеніе совершенно не зависитъ отъ ближайшихъ предположеній относительно природы свѣтового эѳира.

Дѣйствительно, пусть думаютъ о строеніи эѳира, что хотятъ, пусть считаютъ его непрерывнымъ или пре-

рывнымъ, состоящимъ изъ „атомовъ эѳира“ или „нейтроновъ“, постоянно возникаетъ вопросъ: увлекается ли движущимся прозрачнымъ тѣломъ находящійся въ немъ эѳиръ, или же весь онъ или его часть остается въ покоѣ при движеніи этого тѣла. На этотъ вопросъ съ увѣренностью можно отвѣтить, что свѣтовой эѳиръ, во всякомъ случаѣ, увлекается не всегда цѣликомъ, часто же вовсе не увлекается. И дѣйствительно, въ движущемся газѣ, напримѣръ, въ движущемся воздухѣ, свѣтъ распространяется явно независимо отъ скорости воздуха, или же—да будетъ мнѣ позволено это образное выраженіе—свѣтъ движется противъ вѣтра съ такою же скоростью, какъ и по направленію вѣтра. Въ серединѣ прошлаго столѣтія Физо доказалъ это при помощи тонкаго опыта надъ интерференціей свѣта. Такимъ образомъ, мы должны себѣ представить, что эѳиръ, въ которомъ распространяются свѣтовыя волны, не подвергается замѣтному вліянію движущагося воздуха; онъ остается въ покоѣ, когда послѣдній проходитъ сквозь него. Но въ такомъ случаѣ самъ собою напрашивается слѣдующій вопросъ: какъ же велика скорость, съ которою атмосферный воздухъ движется въ эѳирѣ?

На этотъ вопросъ ни въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ, ни при помощи различныхъ измѣреній невозможно было отвѣтить. Атмосферный воздухъ, окружающій землю, участвуетъ во всемъ своемъ цѣломъ въ движеніи земли. Это значитъ, что по отношенію къ солнцу величина его скорости равна приблизительно 30 $\frac{\text{клм}}{\text{сек.}}$, а направленіе въ теченіе года постоянно мѣняется. Если эта скорость равна даже $^1/_{10000}$ скорости свѣта, то навѣрное можно придумать оптическіе эксперименты, которые, согласно всему тому, что намъ извѣстно изъ оптики, позволили бы опредѣлить порядокъ величины этой скорости. Из-

слѣдованія, касающіяся измѣренія скорости земли по отношенію къ свѣтовому эѳиру, заполняютъ многія страницы лѣтописей физики. Но все остроуміе, все экспериментальное искусство изслѣдователей потерпѣло крушеніе. Природа была нѣма, она отказывалась отвѣчать. Нигдѣ нельзя было найти и слѣда вліянія движенія земли на свѣтовыя явленія внутри нашей атмосферы. Самымъ замѣчательнымъ въ этомъ отношеніи былъ результатъ опыта Майкельсона, въ которомъ сравнивались распространенія свѣта въ направленіи движенія земли и въ направленіи ему перпендикулярномъ. Всѣ принципіальныя обстоятельства этого опыта настолько просты, а методъ измѣренія до такой степени чувствителенъ, что вліяніе движенія земли должно было непремѣнно обнаружиться весьма отчетливо. Но искомаго эффекта не было подмѣчено.

Передъ лицомъ столь затруднительнаго и чрезвычайно загадочнаго для теоретической физики положенія вещей не могло, конечно, не прійти на умъ: не лучше ли подступить съ другой стороны къ проблемѣ свѣтового эѳира? А что, если крушеніе всѣхъ опытовъ, относящихся къ механическимъ свойствамъ эѳира, имѣетъ принципіальную почву? А что, если не имѣли никакого физическаго смысла всѣ затронутые вопросы о строеніи эѳира, о его плотности, объ упругихъ свойствахъ, о продольныхъ колебаніяхъ, о связи скорости эѳирныхъ волнъ съ плоскостью поляризаціи, о скорости земной атмосферы относительно эѳира?

Въ такомъ случаѣ стремленія рѣшить эти вопросы слѣдовало бы поставить на ту же ступень, на которой приблизительно стоитъ усиліе построить Perpetuum mobile. Тутъ мы достигли поворотнаго пункта. Гельмгольтцъ въ своей вышеупомянутой мною Кенигсбергской рѣчи съ особенной настойчивостью указывалъ на то, что первый шагъ къ открытію принципа энергіи былъ

сдѣланъ тогда, когда впервые всплылъ вопросъ: какія соотношенія должны существовать между силами природы, если навѣрное невозможно построить Perpetuum mobile? Точно также мы имѣемъ право утверждать, что первый шагъ къ открытію принципа относительности совпадаетъ съ нижеслѣдующимъ вопросомъ: какія соотношенія должны существовать между силами природы, если навѣрное невозможно обнаружить въ свѣтовомъ эѳирѣ какія бы то ни было матеріальныя свойства? А что, если свѣтовыя волны распространяются въ пространствѣ, не имѣя вообще никакого матеріальнаго носителя ихъ? Если да, то естественно, что скорости движущагося тѣла по отношенію къ эѳиру вовсе нельзя опредѣлить, не говоря уже о томъ, что ея совершенно невозможно измѣрить.

Мнѣ нѣтъ надобности особенно обращать Ваше вниманіе на то, что съ этими положеніями механическое міросозерцаніе никакъ уже не совмѣстимо. Поэтому тотъ, кто смотритъ на механическое міровоззрѣніе, какъ на постулатъ физическаго мышленія, никогда не помирится съ принципомъ относительности. А тотъ, кто судитъ болѣе свободно, спроситъ раньше всего, куда этотъ принципъ ведетъ насъ.

Здѣсь разумѣется прежде всего, что данная выше чисто отрицательная формулировка принципа получитъ плодотворное содержаніе лишь при томъ условіи, что онъ будетъ комбинированъ съ началами положительными, а какъ таковыя наиболѣе удовлетворяютъ требованіямъ упомянутыя уже уравненія Максвелла-Гертца для электродинамическихъ процессовъ въ свободномъ эѳирѣ, или, какъ мы теперь выразимся лучше, въ абсолютной пустотѣ. Вѣдь, по сравненію со всякой средой, пустота мыслима проще всего и, соотвѣтственно этому, во всей физикѣ, за исключеніемъ общихъ законовъ, нѣтъ соотношеній, которыя бы такъ успѣшно

улавливали тонкія явленія природы и притомъ, повидимому, считались бы болѣе точными, чѣмъ эти уравненія.

Однако, новая истина всегда принуждена прежде всего бороться съ извѣстными трудностями, ибо въ противномъ случаѣ она была бы открыта уже гораздо раньше. Главная трудность принципа относительности заключается въ тѣхъ глубоко проникающихъ, можно прямо сказать, революціонизирующихъ послѣдствіяхъ для понятія времени, которыя съ необходимостью изъ него вытекаютъ. Да будетъ мнѣ позволено растолковать этотъ кардинальный пунктъ на конкретномъ примѣрѣ.

Согласно принципу относительности, ни при какихъ условіяхъ невозможно опредѣлить общую постоянную скорость всѣхъ составныхъ частей нашей солнечной системы при помощи измѣреній, произведенныхъ внутри этой системы. Скорость, какъ бы велика она ни была, ни въ какомъ случаѣ не можетъ по своему вліянію имѣть значеніе внутри системы. Для астрономовъ этотъ законъ не представляетъ ровно ничего новаго; ему должны подчиниться также и физики. Каждому образованному человѣку извѣстно, что, если онъ наблюдаетъ какое-нибудь особенное явленіе на какомъ-нибудь небесномъ тѣлѣ, напримѣръ, на солнцѣ, то солнечное событіе происходитъ не въ то же самое мгновеніе, въ которое оно воспринимается на землѣ; между появленіемъ событія и его наблюденіемъ протекаетъ опредѣленное время, то время, которое необходимо свѣту, чтобы пробѣжать пространство отъ солнца до земли. Если предположить, что солнце и земля находятся въ покоѣ—движеніемъ земли вокругъ солнца мы можемъ въ данномъ случаѣ совершенно пренебречь,—то время будетъ равно приблизительно 8 минутамъ. Но если солнце и земля движутся съ общею скоростью приблизительно по направленію отъ земли къ солнцу, такъ что земля приближается къ солнцу, а солнце съ

такою же скоростью удаляется отъ земли, то это время короче. Подобно гонцу, несетъ свѣтовая волна землѣ вѣсти отъ солнца; покинувъ солнце, пробѣгаетъ она, независимо отъ его движенія, космическое пространство со скоростью свѣта; земля идетъ гонцу навстрѣчу и принимаетъ его раньше, чѣмъ если бы спокойно ожидала его прибытія. Наоборотъ: если земля удаляется отъ солнца, а послѣднее слѣдуетъ за ней на одномъ и томъ же разстояніи, то время между событіемъ и наблюденіемъ его удлиняется.

Такимъ образомъ, поставивъ вопросъ: сколько же именно времени протекаетъ „въ дѣйствительности" между событіемъ на солнцѣ и наблюденіемъ на землѣ? мы тѣмъ самымъ спрашиваемъ: какова же „въ дѣйствительности" скорость земли и солнца? И такъ какъ, согласно принципу относительности, ни при какихъ условіяхъ нельзя приписать физическаго смысла послѣднему вопросу, то это вѣрно и по отношенію къ первому или, иными словами· обозначеніе момента времени имѣетъ въ физикѣ только тогда опредѣленный смыслъ, когда принято во вниманіе состояніе скорости (Geschwindigkeitszustand) наблюдателя, для котораго это обозначеніе имѣетъ силу.

Выводъ, заключающійся въ томъ, что величина времени, подобно величинѣ скорости, получаетъ значеніе чисто относительное, что понятія „раньше" и „позже" по поводу двухъ независящихъ другъ отъ друга событій, происшедшихъ въ двухъ различныхъ мѣстахъ, могутъ имѣть прямо противоположный смыслъ для двухъ различныхъ наблюдателей, звучитъ въ первый моментъ какъ-то чудовищно и совершенно непріемлемо для лицъ, способныхъ лишь къ обыденному воззрѣнію. Но все же оно, можетъ быть, не звучитъ менѣе пріемлемо, чѣмъ утвержденіе, провозглашенное 500 лѣтъ тому назадъ, что вертикальное направленіе не остается абсолютно

постояннымъ, но что оно въ теченіе 24 часовъ описываетъ въ пространствѣ конусъ. Требованіе очевидности, будучи во многихъ случаяхъ справедливымъ, можетъ, смотря по обстоятельствамъ, служить и вреднымъ тормозомъ въ особенности тогда, когда новыя великія идеи прокладываютъ себѣ путь въ науку. Безспорно, многія плодотворныя идеи физики выросли на почвѣ непосредственнаго созерцанія, но между ними всегда существовали и такія, и притомъ не послѣднія, которыя принуждены были завоевать себѣ соотвѣтствующее положеніе въ борьбѣ съ традиціонными воззрѣніями.

Каждый изъ насъ прекрасно помнитъ о тѣхъ трудностяхъ, съ которыми пришлось считаться его дѣтской способности представлять себѣ, когда онъ въ первый разъ силился понять, что на земномъ шарѣ живутъ люди, которые стоятъ по отношенію къ намъ вверхъ ногами, что эти люди такъ же самоувѣренно, какъ и мы, передвигаются по землѣ, не рискуя сорваться съ шара или, по крайней мѣрѣ, не испытывая страданій отъ болѣзненнаго прилива крови къ головѣ. Пусть сегодня кто-нибудь приведетъ существеннымъ возраженіемъ противъ относительности всѣхъ пространственныхъ направленій недостаточную наглядность этого,—его просто высмѣютъ.

Я не увѣренъ, что спустя 500 лѣтъ та же участь не повторится съ тѣмъ, кто начнетъ сомнѣваться въ относительномъ характерѣ времени.

Масштабъ къ оцѣнкѣ новой физической гипотезы лежитъ не въ ея очевидности, а въ ея результатахъ. Разъ гипотеза показала уже себя плодотворной, къ ней привыкаютъ, а затѣмъ мало-по-малу совершенно сама собою она становится и очевидной. Когда изслѣдованія электромагнитныхъ дѣйствій были еще несовершенны, всегда думали, что картины текущей воды, гидравлическаго насоса, натянутыхъ резиновыхъ нитей, неиз-

бѣжны для нагляднаго поясненія гальваническаго тока, электродвижущей силы и магнитныхъ силовыхъ линій. Въ настоящее время электротехники пренебрегаютъ, конечно, большею частью этими несовершенными аналогіями и охотнѣе оперируютъ прямо электромагнитными представленіями, ставшими для нихъ обычными. Я случайно даже обратилъ вниманіе на то, что, напротивъ, при помощи электромагнитныхъ аналогій пытались наглядно объяснить болѣе сложныя движенія жидкостей, какъ, напримѣръ, вихри Гельмгольтца.

Какъ обстоитъ въ этомъ отношеніи дѣло съ теоріей относительности? Безъ сомнѣнія, она предъявляетъ въ высшей степени широкія требованія къ способности физической абстракціи, но зато ея методы удобны, универсальны, и прежде всего она представляетъ результаты однозначащіе и сравнительно легко поддающіеся формулировкѣ. Между піонерами въ этой новой сферѣ на первомъ мѣстѣ стоитъ Гендрикъ А. Лорентцъ, открывшій понятіе относительности времени и примѣнившій это понятіе въ электродинамикѣ, не связавъ его, во всякомъ случаѣ, съ послѣдствіями столь радикальными; затѣмъ слѣдуетъ Альбертъ Эйнштейнъ, отважившійся провозгласить универсальнымъ постулатомъ относительность всякаго обозначенія времени, и наконецъ Германъ Минковскій, которому удалось облечь эту теорію въ округленную математическую систему.

Не случайность, что эти абстрактныя проблемы заинтересовали преимущественно математиковъ и нашли у нихъ содѣйствіе, особенно послѣ того, какъ оказалось, что руководящіе здѣсь методы по большей части совпадаютъ съ тѣми, которые были развиты въ геометріи четырехъ измѣреній. Но и лишенные предразсудковъ истые физики-экспериментаторы никоимъ образомъ не относятся a priori враждебно къ принципу относительности, а просто ставятъ свое положеніе въ зависимость

отъ того, къ какимъ результатамъ приведетъ опытное изслѣдованіе теоріи. Въ этомъ отношеніи слѣдуетъ обратить вниманіе, главнымъ образомъ, на то, что число слѣдствій для физики, вытекающихъ изъ теоріи относительности, достаточно обильно, но что изслѣдованіе ихъ требуетъ такихъ точныхъ измѣреній, которыя выполнимы только при крайней степени чувствительности приборовъ. Происходитъ это отъ того, что скорости тѣлъ, которыми мы располагаемъ во время опыта, обыкновенно чрезвычайно малы по сравненію со скоростью свѣта. Наиболѣе быстрыя движенія мы находимъ у электроновъ, вслѣдствіе чего и слѣдуетъ ожидать первые надежные и положительные результаты въ области динамики электроновъ. Но чувствительность приборовъ растетъ съ теченіемъ времени, точность измѣреній увеличивается, экспериментальное изслѣдованіе теоріи становится утонченнѣе. Здѣсь дѣло обстоитъ совершенно такъ же, какъ и въ вышеприведенномъ сравненіи съ фигурой нашей планеты. Если бы радіусъ земли не былъ такъ великъ по сравненію съ длинами, имѣющимися въ нашемъ распоряженіи во время опытовъ, то навѣрное мы давно уже знали бы о шаровидности земли и объ относительности всѣхъ пространственныхъ направленій.

Но значеніе этой неоднократно приводимой аналогіи между временемъ и пространствомъ идетъ еще дальше. Это болѣе, чѣмъ аналогія, это—тождество, по крайней мѣрѣ, въ математическомъ смыслѣ. Главная заслуга Минковскаго заключается въ указаніи того, что, если измѣрить величины времени подходящими мнимыми (imaginären) единицами, то три протяженія пространства и одно протяженіе времени войдутъ въ основные физическіе законы абсолютно симметрично. Въ виду этого, переходъ отъ одного направленія въ пространствѣ къ другому вполнѣ эквивалентенъ математически и

физически переходу отъ одной скорости къ другой, и ученіе объ относительномъ смыслѣ всякаго состоянія скорости становится только дополненіемъ къ ученію объ относительности всякаго направленія въ пространствѣ. И подобно тому, какъ послѣднее ученіе добилось общаго признанія только послѣ долгихъ порывовъ, такъ и первому придется еще выдержать упорную борьбу—борьбу, которая въ наши дни, не то что въ старину, по крайней мѣрѣ, не сопряжена съ опасностью для жизни новаторовъ. Для того, чтобы прійти къ опредѣленному рѣшенію, лучшимъ средствомъ—и притомъ единственнымъ—служитъ болѣе близкое разсмотрѣніе тѣхъ послѣдствій, къ которымъ ведутъ новыя идеи, и въ этомъ смыслѣ должно быть понято мое дальнѣйшее изложеніе.

Согласно принципу относительности, физическій міръ, доступный нашему наблюденію, обладаетъ четырмя совершенно равноправными протяженіями, которыя могутъ обмѣниваться ролями. Три изъ нихъ называются пространствомъ, четвертое—временемъ, и такимъ образомъ, изъ каждаго физическаго закона можно вывести три новыхъ закона, замѣняя однѣ изъ входящихъ сюда міровыхъ координатъ другими.

Высшимъ физическимъ закономъ, вѣнцомъ всей этой системы, по крайней мѣрѣ, по моему разумѣнію, является принципъ наименьшаго дѣйствія, заключающій всѣ четыре міровыя координаты [1]), распредѣленныя совершенно симметрично. Изъ этого центральнаго принципа по четыремъ направленіямъ, соотвѣтственно

---

[1]) Такъ какъ принципъ наименьшаго дѣйствія обыкновенно выражается интеграломъ по времени, то предпочтеніе, повидимому, отдается времени. Но эта односторонность кажущаяся и обусловливается только пріемомъ обозначенія. Дѣло въ томъ, что „количество дѣйствія“ („Wirkungsquantum“) [величина, варіація которой исчезаетъ] какого-нибудь физическаго процесса является инваріантомъ въ противоположность всѣмъ трансформаціямъ Лорентца.

четыремъ протяженіямъ міра, исходитъ сіяніе четырехъ равноправныхъ принциповъ. Пространственнымъ протяженіямъ соотвѣтствуетъ (тройной) принципъ количества движенія, временному—принципъ энергіи. Никогда прежде нельзя было понять, насколько глубокъ смыслъ этихъ принциповъ и прослѣдить до самаго корня ихъ общее происхожденіе. При такомъ воззрѣніи выступаетъ въ новомъ свѣтѣ и отношеніе механическаго міросозерцанія къ энергетическому. Поскольку энергетическое міровоззрѣніе основывается на принципѣ энергіи, постольку механическое покоится на принципѣ количества движенія. Вѣдь, всѣ три знакомыя вамъ Ньютоновы уравненія движенія есть ничто иное, какъ формулировка принципа количества движенія, примѣненнаго къ одной только матеріальной точкѣ. Согласно этимъ уравненіямъ, измѣненіе количества движенія равно импульсу силы, между тѣмъ, какъ, согласно принципу энергіи, измѣненіе энергіи равно работѣ силы. Каждое изъ этихъ двухъ міровоззрѣній, механическое и энергетическое, вмѣстѣ съ тѣмъ страдаетъ опредѣленною односторонностью, несмотря на то, что первое лишь постольку, въ сущности говоря, превосходитъ второе, поскольку оно, въ соотвѣтствіи съ векторіальнымъ характеромъ количества движенія, допускаетъ три уравненія, энергетическое же—только одно. Естественно, что сказанное относится не только къ одной матеріальной точкѣ, но вообще ко всякому обратимому процессу въ механикѣ, электродинамикѣ и термодинамикѣ.

Какъ изъ количества движенія, такъ и изъ энергіи движущагося тѣла, можно вывести и его массу, которая, конечно, теряетъ свой элементарный характеръ при такомъ воззрѣніи, а переходитъ въ понятіе вторичное. И дѣйствительно, оказывается, что масса тѣла не есть постоянная величина, а возрастающая до безконечности, когда скорость тѣла приближается къ скорости свѣта.

Что масса тѣла не есть величина постоянная, но, строго говоря, зависитъ даже отъ температуры, слѣдуетъ, впрочемъ, независимо отъ теоріи относительности просто изъ того обстоятельства, что каждое тѣло утаиваетъ внутри себя опредѣленную, зависящую отъ температуры, сумму теплового излученія, инертность которой была впервые выяснена Фрицомъ Хазенорлемъ.

Если же понятіе матеріальной точки, принимавшееся до сихъ поръ всѣми за основаніе, теряетъ свойство постоянства и неизмѣняемости, то спрашивается, гдѣ тѣ прочные, неизмѣняющіеся камни, изъ которыхъ построено все физическое міроздание. На это приходится отвѣтить такъ. Неизмѣнные элементы физической системы, въ основаніи которой лежитъ принципъ относительности, суть, такъ называемыя, универсальныя постоянныя: прежде всего скорость свѣта въ пустотѣ, затѣмъ электрическій зарядъ и покоющаяся масса электрона, получающееся отъ лучистой энергіи „элементарное количество дѣйствія", которое, по всей вѣроятности, играетъ основную роль и въ химическихъ явленіяхъ, постоянная тяготѣнія и многія другія. Эти величины постольку имѣютъ реальный смыслъ, поскольку ихъ значенія не зависятъ отъ свойствъ, мѣстонахожденія и состоянія скорости наблюдателя. Впрочемъ, мы должны помнить, что вѣроятно, есть еще много подробностей, подлежащихъ объясненію. Если бы мы были въ состояніи дать удовлетворительный отвѣтъ на всѣ подобные вопросы, то физика перестала бы быть индуктивной наукой, а таковой, по всей вѣроятности, она останется навсегда.

Насколько можно заключить изъ этихъ немногихъ замѣчаній, принципъ относительности никоимъ образомъ не является началомъ разрушительнымъ и разлагающимъ, а, наоборотъ, въ высокой степени упорядочивающимъ и созидающимъ. Только форму, которая и безъ того уже была уничтожена неудержимымъ стремленіемъ

науки впередъ, онъ отбрасываетъ въ сторону. На мѣстѣ стараго зданія, ставшаго черезчуръ тѣснымъ, принципъ относительности воздвигаетъ новое, болѣе обширное и долговѣчное, въ которомъ найдутъ свое мѣсто въ измѣненной, но болѣе наглядной группировкѣ всѣ сокровища прежняго и, само собою разумѣется, и описанная мною выше атомистика, и пріуготовляетъ опредѣленное мѣсто для вновь ожидаемыхъ. Онъ удаляетъ изъ физической картины міра всѣ несущественныя черты привнесенныя случайностью нашихъ человѣческихъ воззрѣній и привычекъ и этимъ очищаетъ науку отъ тѣхъ антропоморфныхъ примѣсей, обязанныхъ своимъ возникновеніемъ характеру физиковъ, полное изгнаніе которыхъ я пробовалъ въ другомъ мѣстѣ представить, какъ истинную цѣль всякаго физическаго познанія. Онъ открываетъ мятежному въ своихъ исканіяхъ изслѣдователю перспективы, полныя совершенно неизмѣримыхъ далей и величія, и ведетъ его къ такимъ системамъ, которыхъ въ прежніе періоды не могли себѣ и представить, и которымъ должна была остатся чуждой даже совершенная по формѣ механика Генриха Гертца. Кто однажды нашелъ въ себѣ смѣлость сдѣлать первый шагъ и углубиться въ послѣдовательность мыслей этихъ новыхъ идей, тотъ уже не будетъ въ состояніи надолго избѣгнуть чаръ, исходящихъ отъ нихъ, и весьма понятно, что натура, обладающая такою художественною чуткостью, какъ Германъ Минковскій, такъ рано похищенный смертію у науки, могла, благодаря имъ, воспламениться яркимъ вдохновеніемъ.

Но вопросы физики рѣшаются ни съ эстетической точки зрѣнія, а экспериментально; подъ этимъ во всѣхъ случаяхъ разумѣется безпристрастная, тщательная, терпѣливая детальная работа. Въ томъ то и заключается высокій физическій смыслъ принципа относительности, что на цѣлый рядъ вопросовъ физики, вопросовъ, до

сихъ поръ полностью покрытыхъ мракомъ, онъ даетъ совершенно опредѣленный отвѣтъ, который можно подвергнуть контролю опыта. Поэтому принципъ относительности, въ противоположность механической гипотезѣ свѣтового эѳира, слѣдуетъ признать по меньшей мѣрѣ рабочей гипотезой выдающейся плодотворности. Въ настоящее время наиболѣе горячая борьба возникла вокругъ динамики электроновъ; послѣдняя стала доступна точнымъ наблюденіямъ, благодаря открытію отклоненія свободно несущагося электрона электрическимъ и магнитнымъ полемъ Въ различныхъ лабораторіяхъ, независимо другъ отъ друга, свѣдующія головы и ловкія руки теперь за работой, и тѣмъ болѣе интересно слѣдить за исходомъ этой борьбы, что сначала казалось, будто измѣренія противорѣчатъ требованіямъ принципа относительности, между тѣмъ, какъ въ настоящее время стрѣлка вѣсовъ, повидимому, склоняется въ сторону принципа.

Въ виду того, что глаза многочисленныхъ физиковъ и друзей физики устремлены на эти фундаментальные опыты, наше общество тоже засвидѣтельствовало интересъ къ нимъ; оно удѣлило часть доходовъ изъ фонда Тренкля въ пользу подобныхъ экспериментальныхъ изслѣдованій. Будемъ надѣяться, что изслѣдованія принесутъ свой драгоцѣнный вкладъ на разрѣшеніе этой проблемы

Какимъ бы ни оказался исходъ: оправдается ли принципъ относительности, или придется отъ него отказаться, дѣйствительно ли мы стоимъ на порогѣ къ новому міровоззрѣнію, или же и это выступленіе не въ состояніи вывести насъ изъ тьмы,--во всякомъ случаѣ мы должны добиться ясности; нѣтъ цѣны, которая была бы тутъ черезчуръ высокой. Вѣдь, даже разочарованіе, если только оно глубоко и рѣшительно, означаетъ шагъ впередъ, и связанныя съ нимъ жертвы будутъ щедро

вознаграждены пріобрѣтеніемъ новыхъ сокровищъ знанія. Я полагаю, что эти слова я могъ смѣло высказать въ духѣ нашего общества, къ особенной славѣ котораго надо отнести то обстоятельство, что оно никогда не связывало себя научнымъ маршрутомъ, установленнымъ à priori, а всегда рѣшительно отклоняло всякія попытки, клонящіяся къ этому. Не будемъ же сомнѣваться, что въ будущемъ дѣло будетъ обстоять такъ же, и что этотъ нашъ лозунгъ какъ въ физикѣ, такъ и въ каждой отрасли естествознанія, неусыпно будетъ вести насъ впеедъ къ единственной цѣли—навстрѣчу свѣту истины.

Перевелъ *Б. Р. Абрамсонъ.*

ОГЛАВЛЕНІЕ.

Представляем Вам наши лучшие книги:

Философия

Зубов В. П. **Аристотель. Человек. Наука. Судьба наследия.**
Майоров Г. Г. **Философия как искание Абсолюта.**
Оруджев З. М. **Способ мышления эпохи. Философия прошлого.**
Оствальд В. **Натур-философия. Лекции, читанные в Лейпцигском университете.**
Альберт Х. **Трактат о критическом разуме.**
Шишков И. З. **В поисках новой рациональности: философия критического разума.**
Фулье А. **Ницше и имморализм.**
Бугера В. Е. **Социальная сущность и роль философии Ницше.**
Хайтун С. Д. **Феномен человека на фоне универсальной эволюции.**
Хайтун С. Д. **Социум против человека: Законы социальной эволюции.**
Арлычев А. Н. **Сознание: информационно-деятельностный подход.**
Данилевский И. В. **Структуры коллективного бессознательного.**
Донской Б. Л. **Реальная действительность. Что такое вещь?**
Корчак А. С. **Философия Другого Я: история и современность.**
Абачиев С. К. **Современное введение в философию.**
Абачиев С. К. **Эволюционная теория познания. Опыт систематического построения.**

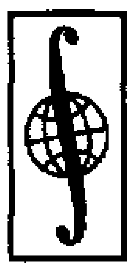
История философии

Асмус В. Ф. **Платон.**
Асмус В. Ф. **Немецкая эстетика XVIII века.**
Могилевский Б. М. **Платон и сицилийские тираны. Мудрец и власть.**
Джохадзе Д. В., Джохадзе Н. И. **История диалектики. Эпоха античности.**
Соколов В. В. **От философии Античности к философии Нового Времени.**
Соколов В. В. **Средневековая философия.**
Калитин П. В. **Уравнение русской идеи.**
Крылов Д. А. **Евхаристическая чаша. Софийные начала.**
Шишков И. З. **Современная западная философия. Очерки истории.**
Юшкевич П. С. **Столпы философской ортодоксии.**
Бирюков Б. В. **Трудные времена философии.**
Койре А. **Очерки истории философской мысли.**
Хвостов В. М. **Очерк истории этических учений. Курс лекций.**
Хвостов В. М. **Теория исторического процесса.**
Завалько Г. А. **Проблема соотношения морали и религии в истории философии.**
Дьяконов И. М. **Архаические мифы Востока и Запада.**
Преображенский П. Ф. **В мире античных образов.**
Преображенский П. Ф. **Тертуллиан и Рим.**
Саврей В. Я. **Александрийская школа в истории философско-богословской мысли.**

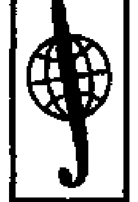
Серия «Bibliotheca Scholastica». Под общ. ред. *Апполонова А. В.* Билингва: параллельный текст на русском и латинском языках.

Вып. 1. *Боэций Дакийский.* **Сочинения.**
Вып. 2. *Фома Аквинский.* **Сочинения.**
Вып. 3. *Уильям Оккам.* **Избранное.**
Вып. 4. *Роберт Гроссетест.* **Сочинения.**

Представляем Вам наши лучшие книги:



Представляем Вам наши лучшие книги:



Логика

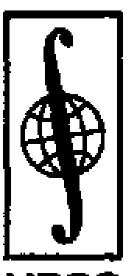
Зиновьев А. А. **Очерки комплексной логики.**
Сидоренко Е. А. **Логика. Парадоксы. Возможные миры.**
Смирнов В. А. **Логические методы анализа научного знания.**
Шалак В. И. (ред.) **Логико-философские труды В. А. Смирнова.**
Бирюков Б. В., Тростников В. Н. **Жар холодных чисел и пафос бесстрастной логики.**
Бирюков Б. В. **Крушение метафизической концепции универсальности предметной области в логике. Контроверза Фреге—Шрёдер.**
Бирюкова Н. Б. **Логическая мысль во Франции XVII – начала XIX столетий.**
Колмогоров А. Н., Драгалин А. Г. **Математическая логика.**
Драгалин А. Г. **Конструктивная теория доказательств и нестандартный анализ.**
Клини С. **Математическая логика.**
Бахтияров К. И. **Логика с точки зрения информатики.**
Гамов Г., Стерн М. **Занимательные задачи.**
Перминов В. Я. **Развитие представлений о надежности математического доказательства.**
Петров Ю. А. **Логические проблемы абстракций бесконечности и осуществимости.**
Бежанишвили М. Н. **Логика модальностей знания и мнения.**
Абачиев С. К. **Традиционная логика в современном освещении.**
Абачиев С. К., Делия В. П. **Теория и практика аргументации.**

Серия «Из истории логики XX века»

Асмус В. Ф. **Логика.**
Серрюс Ш. **Опыт исследования значения логики.**
Грязнов Б. С. **Логика, рациональность, творчество.**
Ахманов А. С. **Логическое учение Аристотеля.**
Строгович М. С. **Логика.**

Серия «Синергетика: от прошлого к будущему»

Пенроуз Р. **НОВЫЙ УМ КОРОЛЯ. О компьютерах, мышлении и законах физики.**
Хакен Г. **Информация и самоорганизация.**
Безручко Б. П. и др. **Путь в синергетику. Экскурс в десяти лекциях.**
Данилов Ю. А. **Лекции по нелинейной динамике. Элементарное введение.**
Князева Е. Н., Курдюмов С. П. **Основания синергетики.** Кн. 1, 2.
Князева Е. Н., Курдюмов С. П. **Синергетика: нелинейность времени и ландшафты коэволюции.**
Климонтович Ю. Л. **Турбулентное движение и структура хаоса.**
Трубецков Д. И. **Введение в синергетику.** В 2 кн.: **Колебания и волны; Хаос и структуры.**
Малинецкий Г. Г. **Математические основы синергетики.**
Малинецкий Г. Г., Потапов А. Б. **Нелинейная динамика и хаос: основные понятия.**
Малинецкий Г. Г., Потапов А. Б., Подлазов А. В. **Нелинейная динамика.**
Капица С. П., Курдюмов С. П., Малинецкий Г. Г. **Синергетика и прогнозы будущего.**
Малинецкий Г. Г. (ред.) **Будущее России в зеркале синергетики.**
Турчин П. В. **Историческая динамика. На пути к теоретической истории.**
Пригожин И., Стенгерс И. **Время. Хаос. Квант. К решению парадокса времени.**
Пригожин И., Стенгерс И. **Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой.**



Представляем Вам наши лучшие книги:

Астрономия и астрофизика

Ефремов Ю. Н. **Вглубь Вселенной. Звезды, галактики и мироздание.**
Кононович Э. В., Мороз В. И. **Общий курс астрономии.**
Куликовский П. Г. **Справочник любителя астрономии.**
Чернин А. Д. **Звезды и физика.**
Сажин М. В. **Современная космология в популярном изложении.**
Левитан Е. П. **Физика Вселенной: экскурс в проблему.**
Попова А. П. **Занимательная астрономия.**
Бааде В. **Эволюция звезд и галактик.**
Шварцшильд М. **Строение и эволюция звезд.**
Архангельская И. Д., Чернин А. Д., Розенталь И. Л. **Космология и физический вакуум.**
Розенталь И. Л., Архангельская И. В. **Геометрия, динамика, Вселенная.**
Кинг А. Р. **Введение в классическую звездную динамику.**
Хлопов М. Ю. **Космомикрофизика.**
Хлопов М. Ю. **Основы космомикрофизики.**
Сурдин В. Г. **Астрономические задачи с решениями.**
Ипатов С. И. **Миграция небесных тел в Солнечной системе.**
Николаев О. С. **Физика и астрономия: Курс практических работ для средней школы.**
Дорофеева В. А., Макалкин А. Б. **Эволюция ранней Солнечной системы.**
Тверской Б. А. **Основы теоретической космофизики.**

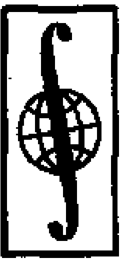
Физика элементарных частиц

Бояркин О. М. **Введение в физику элементарных частиц.**
Бояркин О. М. **Физика массивных нейтрино.**
Окунь Л. Б. **Физика элементарных частиц.**
Окунь Л. Б. **Лептоны и кварки.**
Богуш А. А. **Очерки по истории физики микромира.**
Абрамов А. И. **История ядерной физики.**
Бранский В. П. **Теория элементарных частиц как объект методологического исследования.**
Бранский В. П. **Значение релятивистского метода Эйнштейна в формировании общей теории элементарных частиц.**

Теория поля

Рубаков В. А. **Классические калибровочные поля. Бозонные теории.**
Рубаков В. А. **Классические калибровочные поля. Теории с фермионами. Некоммутативные теории.**
Сарданашвили Г. А. **Современные методы теории поля.** Т. 1–4.
Иваненко Д. Д., Сарданашвили Г. А. **Гравитация.**
Прохоров Л. В., Шабанов С. В. **Гамильтонова механика калибровочных систем.**
Коноплева Н. П., Попов В. Н. **Калибровочные поля.**
Менский М. Б. **Группа путей: измерения, поля, частицы.**
Менский М. Б. **Метод индуцированных представлений.**
Богуш А. А. **Введение в калибровочную полевую теорию электрослабых взаимодействий.**
Богуш А. А., Мороз Л. Г. **Ведение в теорию классических полей.**

Представляем Вам наши лучшие книги:



Серия «Relata Refero»

Бабанин А. Ф. **Введение в общую теорию мироздания.** Кн. 1, 2.
Зверев Г. Я. **Физика без механики Ньютона, без теории Эйнштейна и без принципа наименьшего действия.**
Кириллов А. И., Пятницкая Н. Н. **Квант-силовая физика. Гипотеза.**
Хохлов Ю. Н. **О нас и нашем мире.**
Еремин М. А. **Революционный метод в исследовании функций действительной переменной.**
Еремин М. А. **Определитель Еремина в линейной и нелинейной алгебре.**
Низовцев В. В. **Время и место физики XX века.**
Стельмахович Е. М. **Пространственная (топологическая) структура материи.**
Плохотников К. Э. и др. **Основы психорезонансной электронной технологии.**
Ацюковский В. А. **Физические основы электромагнетизма и электромагнитных явлений.**
Кецарис А. А. **Алгебраические основы физики.**
Брусин Л. Д., Брусин С. Д. **Иллюзия Эйнштейна и реальность Ньютона.**
Долгушин М. Д. **Эвристические методы квантовой химии или о смысле научных занятий.**
Терлецкий Н. А. **О пользе и вреде излучения для жизни.**
Харченко К. П., Сухарев В. Н. **«Электромагнитная волна», лучистая энергия — поток реальных фотонов.**
Бернштейн В. М. **Перспективы «возрождения» и развития электродинамики и теории гравитации Вебера.**
Николаев О. С. **Водород и атом водорода. Справочник физических параметров.**
Николаев О. С. **Критическое состояние металлов.**
Николаев О. С. **Механические свойства жидких металлов.**
Шевелев А. К. **Структура ядра.**
Михеев С. В. **Темная энергия и темная материя — проявление нулевых колебаний электромагнитного поля.**
Галавкин В. В. **Дорогой Декарта, или физика глазами системотехника.**
Галавкин В. В. **Аристотель против Ньютона, или экономика глазами системотехника.**
Ильин В. Н. **Термодинамика и социология.**
Федосин С. Г. **Современные проблемы физики. В поисках новых принципов.**
Федосин С. Г. **Основы синкретики. Философия носителей.**
Иванов М. Г. **Антигравитационные двигатели «летающих тарелок». Теория гравитации.**
Смольяков Э. Р. **Теоретическое обоснование межзвездных полетов.**

Наше издательство предлагает следующие книги:





















































НАУЧНАЯ И УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Тел./факс: 7 (495) 135–42–16
Тел./факс: 7 (495) 135–42–46

